

## بررسی منافع اجتماعی جایگزینی CNG به جای بنزین در تاکسی‌های شهر تهران

زهرا عابدی<sup>۱</sup>

فریده عتابی<sup>۱</sup>

محمد صوفی<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۸۶/۴/۵

تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۱

### چکیده

حرکت به سوی استفاده از سوخت‌های پاک در بخش حمل و نقل می‌تواند راهکاری موثر برای رفع مشکلات آلودگی محیط زیست ناشی از وسایط نقلیه موتوری به خصوص در شهرهای بزرگ باشد. در این تحقیق سودآوری (یا عدم سودآوری) گازسوز نمودن تاکسی‌های شهر تهران از دیدگاه کاهش هزینه‌های اجتماعی که می‌توان آن را به افزایش منافع اجتماعی تعبیر نمود، مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد جایگزینی CNG به جای بنزین در تاکسی‌ها شهر تهران با کاهش هزینه‌های اجتماعی انتشار آلاینده‌ها به میزان ۶۳/۸ میلیون دلار، در واقع افزایش منافع اجتماعی به همین میزان را تحقق می‌بخشد. لذا مزایای جایگزینی گاز طبیعی (CNG) به جای بنزین تنها ناشی و محدود به تفاوت هزینه‌های بنزین و گاز طبیعی نیست.

همچنین اجرای این طرح در مقیاس کلان می‌تواند در ابعاد قابل ملاحظه‌ای به کاهش هزینه‌های اجتماعی در بخش حمل و نقل منجر شود. از سوی دیگر فرآیندهای تامین مالی طرح‌های زیست‌محیطی در بسیاری از کشورها از مدت‌ها پیش آغاز شده است. بر این اساس به نظر می‌رسد با توجه به توجیه‌پذیری این طرح در حوزه زیست‌محیطی می‌توان نسبت به پیش‌بینی راهکارهای متناسب در کشور از طریق سازمان‌های ذیربط مانند سازمان حفاظت محیط زیست اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: هزینه اجتماعی، منافع اجتماعی، CNG، خودروهای گازسوز، تاکسی‌های تهران.

۱- استادیار دانشکده محیط‌زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۲- کارشناس ارشد مهندسی انرژی، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران\* (مسئول مکاتبات).

## مقدمه

جمهوری اسلامی ایران دارای یکی از بالاترین رتبه های مصرف انرژی در منطقه خاور میانه و در دنیا است. افزایش شدید مصرف انرژی در کشور طی سال های اخیر، نتیجه افزایش شهرنشینی، توسعه صنعتی، افزایش جمعیت و افزایش متوسط رفاه خانوار و مصرف کنندگان و نیز تغییر الگوی مصرف انرژی به لحاظ نوع و مقدار حامل های انرژی مصرفی بوده است. این افزایش مصرف در تمامی بخش های مصرف کننده شامل خانگی تجاری، صنعتی و حمل و نقل قابل مشاهده است. هرچند در برخی از بخش ها نرخ رشد مصرف بسیار سریع تر از سایر بخش ها بوده است.

بخش حمل و نقل یکی از مهم ترین بخش های مصرف کننده انرژی در کشور است. رشد مصرف بنزین در ایران طی سال های اخیر ارقام دو رقمی را تجربه کرده است. تداوم این وضعیت موجب افزایش میزان نفت خام تحویلی به پالایشگاه های داخلی برای تولید بنزین و لذا کاهش نفت قابل دسترسی برای صادرات از یک سو و افزایش میزان واردات بنزین به کشور از سوی دیگر شده است. تداوم این روند با توجه به محدودیت ظرفیت پالایشی در پالایشگاه های داخلی و کاهش روز افزون نفت خام موجود برای صادرات و کسب درآمدهای ارزی مورد نیاز جهت تداوم روند توسعه اقتصادی امکان پذیر نمی باشد.

مجموع این شرایط در حالی است که جمهوری اسلامی ایران با برخورداری از جایگاه دومین دارنده ذخایر اثبات شده گاز دنیا، دارای پتانسیل های بسیاری برای توسعه استفاده از گاز طبیعی در بخش های عمده مصرف کننده انرژی شامل بخش های خانگی تجاری، حمل و نقل، صنایع و نیروگاه ها می باشد. طی سال های اخیر تلاش های فراوانی در این زمینه انجام و گاز طبیعی به سوخت غالب در سبد انرژی مصرفی کشور تبدیل شده است. گاز طبیعی امروزه سوخت غالب در بخش خانگی تجاری و صنعتی محسوب شده و برنامه ریزی های گسترده ای نیز برای تحقق این امر در بخش نیروگاهی انجام شده است. اما بخش حمل و نقل هنوز عمده ترین بخش

مصرف کننده فرآورده های نفتی در کشور است و هنوز پتانسیل های بسیاری برای جایگزینی گاز طبیعی در بخش حمل و نقل به عنوان بزرگ ترین بخش مصرف کننده فرآورده های نفتی در کشور وجود دارد. رشد شدید مصرف بنزین طی سال های اخیر و تخصیص بخش قابل ملاحظه ای از بودجه کشور به تامین ارز مورد نیاز برای واردات بنزین در هر سال، تسریع در جایگزینی گاز طبیعی به جای بنزین در بخش حمل و نقل را به ضرورتی انکار ناپذیر در اقتصاد ایران تبدیل ساخته است.

طی دهه های اخیر فعالیت های زیادی از سوی دولت ها، سازمان های بین المللی و نهادهای غیر دولتی و مردمی با هدف کاهش وسعت و شدت تخریب محیط زیست بشری و حفظ و جلوگیری از افت استانداردهای کیفی محیط زیست آغاز شده است. این امر به ویژه در جوامع صنعتی با استقبال بیشتری از سوی شهروندان و سازمان های دولتی و غیر دولتی مواجه می باشد. از میان فعالیت های مخرب محیط زیست، بخش انرژی سرمنشاء بسیاری از مشکلات و معضلات زیست محیطی محسوب می شود. لذا ضروری است شاخص ها و استانداردهای زیست محیطی در اجزای مختلف زنجیره عرضه و تقاضای انرژی مد نظر قرار گیرند. این امر هم در بخش های بالادست (اکتشاف، تولید و استخراج) و هم در بخش های پایین دست (پالایش، انتقال، توزیع و مصرف) حامل های مختلف انرژی ضروری می باشد.

انتشار آلاینده ها در اثر مصرف فرآورده های نفتی به عنوان سوخت غالب در بخش حمل و نقل یکی از مهم ترین منابع تخریب محیط زیست شهرهای بزرگ است. این امر در شرایطی است که بخش حمل و نقل در این شهرها یکی از مهم ترین منابع انتشار آلاینده ها محسوب می شود. در این میان بنزین به عنوان مهم ترین سوخت مصرفی در این بخش از جایگاه ویژه ای برخوردار است.

رشد مصرف بنزین در ایران طی سال های اخیر ارقام دو رقمی را تجربه کرده است. تداوم این وضعیت علاوه بر اختصاص بخش عظیمی از منابع نفتی جهت تامین نیاز مصرفی

بر اساس آخرین اطلاعات منتشره از سوی این انجمن در سال ۲۰۰۶ حدود ۵ میلیون خودروی گازسوز در سراسر جهان در حال تردد هستند. انجمن بین‌المللی خودروهای گازسوز فعالیت‌های خود را بر مبنای دستیابی به هدف ۵۰ میلیون خودروی گازسوز تا سال ۲۰۲۰ برنامه‌ریزی و اعلام کرده و در این زمینه همه ساله اقدام به برگزاری همایش‌هایی در کشورهای عضو می‌نماید (۳).

بجایگاه‌های مربوط به تجاری‌سازی استفاده از خودروهای گازسوز در ابعاد جهانی از اوایل دهه ۱۹۹۰ آغاز شد. از آن زمان تولیدکنندگان عمده خودرو در جهان، همه ساله سرمایه‌گذاری‌های سنگینی در زمینه تحقیق و توسعه خودروهای مزبور انجام داده‌اند. به موازات این تلاش‌ها، انجمن‌ها و نهادهای متعدد دیگری نیز در مناطق و کشورهای مختلف، تشکیل و مباحث مربوط به توسعه استفاده از خودروهای گازسوز را دنبال کردند. انجمن خودروهای گازسوز اروپا (ENGVA<sup>۱</sup>)، اتحادیه خودروهای گازسوز (NGV) ژاپن، و اتحادیه‌ها و انجمن‌های مشابه در فرانسه، روسیه، استرالیا و انگلستان از جمله نهادهای مزبور می‌باشد (۴).

فعالیت‌های مربوط به توسعه استفاده از خودروهای گازسوز در ابعاد گسترده‌ای در کشورهای صنعتی آغاز و در جریان است. همچنین مطالعات مربوطه در کشورهای در حال توسعه نیز به پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای دست یافته و مورد تأیید و حمایت سازمان‌ها و موسسات مالی داخلی و بین‌المللی نیز بوده است. از جمله طرح‌های انجام یافته در این زمینه مطالعه‌ای تحت عنوان «خط‌مشی تبدیل اتوبوس‌های دیزلی به CNG» است که توسط کمیسیون اقتصادی و اجتماعی آسیا اقیانوسیه سازمان ملل موسوم به اسکاپ (ESCAP) در سال ۱۹۹۳ به اجرا درآمده است بر اساس مندرجات بخش نخست این مطالعه، توصیه‌های ارائه شده در این پژوهش در بخش عمده‌ای از کشورهای منطقه (پاکستان، بنگلادش، چین، هند، ایران، برونئی دارالسلام) قابل اجرا و استفاده است (۵).

و نیز تخصیص ارز برای تامین کسری نیاز کشور به بنزین از محل واردات، موجب شده است آلودگی زیست‌محیطی به یکی از مهم‌ترین معضلات اساسی شهرهای بزرگ از جمله کلان‌شهر تهران تبدیل شود.

افزایش روزافزون انتشار آلاینده‌ها در محیط زیست همه ساله علاوه بر رشد قابل ملاحظه بیماری‌های ناشی از این امر، کاهش بهره‌وری نیروی کار، افزایش خوردگی در صنایع، کاهش متوسط ضریب هوش کودکان و دانش‌آموزان، افزایش مرگ‌ومیر در اثر شدت آلودگی در برخی روزها و تعطیلی مدارس در روزهای بحرانی را به دنبال دارد. این امر در شرایطی است که بر اساس شاخص‌های موجود در خصوص میزان انتشار آلاینده‌های مختلف، گاز طبیعی در مقایسه با فرآورده‌های نفتی، سوخت پاک‌تر و سازگارتر با محیط زیست محسوب می‌شود. بر این اساس کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از جایگزینی CNG با بنزین و به تبع آن کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از انتشار این آلاینده‌ها، بخش دیگری از مزایای جایگزینی CNG با بنزین محسوب می‌گردد.

فعالیت‌های عمده بین‌المللی در این زمینه از اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ آغاز شد. در نیوزیلند، نخست‌وزیر نخستین کسی بود که از خودروهای گازسوز استفاده می‌کرد. طرح‌های استفاده از وسایل نقلیه گاز سوز در کانادا نیز در سال ۱۹۸۲ و با حمایت وزیر آموزش عالی، علوم و ارتباطات این کشور آغاز شد. دولت کانادا در سال ۱۹۸۶ با تشکیل صندوق تحقیق و توسعه خودروهای گازسوز (NGV<sup>۱</sup>) فعالیت‌های این حوزه را مورد حمایت رسمی قرار داد. بر اساس اطلاعات موجود تا سال ۱۹۹۴ بیش از ۱۵ میلیون دلار از سوی دولت کانادا برای انجام طرح‌های تحقیقاتی در این حوزه، اختصاص یافته است (۱). در ژوئیه سال ۱۹۸۶ و در حاشیه برگزاری نمایشگاه انرژی کانادا در ونکوور، ۳۵ نفر از علاقمندان به توسعه استفاده از خودروهای گازسوز، انجمن بین‌المللی خودروهای گاز طبیعی (IANGV<sup>۲</sup>) را تشکیل دادند (۲).

1- Natural Gas Vehicles

2- International Association of Natural Gas Vehicles

3- European Natural Gas Vehicle Association

امکان تامین این میزان تقاضا هم از دیدگاه فنی و هم از نقطه نظر مالی و اقتصادی را مورد تاکید قرار دهند. ضمن این که بار مالی این میزان واردات بر بودجه کشور همه ساله افزایش قابل ملاحظه ای را شاهد است.

مجموع این شرایط در حالی است که جمهوری اسلامی ایران از نظر ذخایر گاز طبیعی، عنوان دومین دارنده ذخایر اثبات شده گاز طبیعی دنیا را پس از روسیه به خود اختصاص داده است. ضمن این که ایران از این نظر رتبه نخست را در منطقه خاور میانه دارا می باشد. طی سال های اخیر تلاش های مثبت بسیاری برای تبدیل نمودن گاز طبیعی به سوخت غالب در سبد انرژی مصرفی کشور انجام شده است. عمده این تلاش ها به بخش های مصرف کننده خانگی - تجاری، صنعتی و نیروگاه های اختصاص یافته است. اما به نظر می رسد هنوز پتانسیل های بسیاری برای جایگزین ساختن گاز طبیعی در بخش حمل و نقل وجود دارد. اهمیت این موضوع به خصوص با توجه به این واقعیت که بیشترین بارانه بخش انرژی در ایران به بخش حمل و نقل اختصاص یافته است نمود بیشتری می یابد. بخش حمل و نقل عمده ترین بخش مصرف کننده فرآورده های نفتی به خصوص بنزین است که جایگزینی این میزان بنزین مصرفی با CNG می تواند هزینه های تحمیل شده به اقتصاد ملی از این بخش را در ابعاد قابل ملاحظه ای کاهش دهد.

از سوی دیگر افزایش مصرف فرآورده های نفتی طی سال های اخیر موجب افزایش نرخ آلودگی محیط زیست در کلان شهر های کشور شده است. مطالعات انجام شده نشان می دهد آلاینده های ناشی از بخش حمل و نقل مهم ترین دلیل ایجاد آلودگی در هوای شهر های بزرگ کشور است.

تهران از این نظر دارای شرایط ویژه ای است. رشد روزافزون آلاینده های منتشر شونده در محیط زیست همه ساله علاوه بر رشد قابل ملاحظه بیماری های ناشی از این امر، کاهش بهره وری نیروی کار، افزایش خوردگی در صنایع، کاهش متوسط هوش کودکان و دانش آموزان، افزایش مرگ و میر در اثر شدت آلودگی در برخی روزها و تعطیلی مدارس در روزهای

همچنین در مطالعه عمده دیگری در این زمینه (در سال ۲۰۰۳) که با تامین مالی و حمایت بانک توسعه اقتصادی آسیا (ADB<sup>۱</sup>) انجام شده است بخش های عمده حمل و نقل عمومی در شهر مانیل و ظرفیت های هریک برای جایگزین نمودن گاز طبیعی به جای سوخت های رایج مورد بررسی قرار گرفته است (۶).

در ایران در رابطه با جایگزینی گاز طبیعی به جای فرآورده های مختلف نفتی در بخش های عمده مصرف کننده انرژی در کشور شامل بخش های خانگی، تجاری، صنعتی و حمل و نقل از نقطه نظرهای فنی، اقتصادی و زیست محیطی تاکنون مطالعات متعددی در ابعاد علمی و کاربردی انجام گرفته است. اما تاکنون بررسی ابعاد زیست محیطی و ارزیابی اثرات جایگزینی CNG به جای بنزین در بخش حمل و نقل بر هزینه های اجتماعی انتشار آلاینده ها به طور دقیق و جامع انجام نیافته است.

از جمله مطالعات در این زمینه می توان به موردی اشاره نمود که ضمن بررسی مبانی هزینه های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت های مختلف در سبد انرژی مصرفی کشور، به بررسی اثرات اجتماعی جایگزینی گاز طبیعی به جای هریک از حامل های انرژی در بخش های مختلف مصرف کننده انرژی شامل خانگی تجاری، صنعتی و نیروگاهی پرداخته شده است (۷).

شرکت بهینه سازی مصرف سوخت نیز طی سال های اخیر مطالعاتی در زمینه بررسی امکانات و نتایج استفاده از گاز طبیعی در بخش های مختلف مصرف کننده انرژی در کشور انجام داده است. لیکن اطلاعات در این مطالعات به روز نمی باشد (۸).

### ضرورت تحقیق

رشد بی رویه مصرف بنزین در کنار محدودیت های موجود برای تامین روند فزاینده تقاضا از محل تولید داخلی و واردات موجب شده است که دستگاه های اجرایی ذیربط از جمله وزارت نفت، نسبت به تداوم این روند هشدار داده و عدم

### هزینه‌های اجتماعی<sup>۱</sup>

هزینه‌ای که به علت اثرات زیست محیطی مستقیم (مانند انتشار آلاینده‌ها) نظیر تخریب اکوسیستم‌ها، آسیب به ساختارها (اعم از ساختمان‌ها، پل‌ها) و اثرات بهداشتی در افراد ایجاد می‌گردد هزینه تخریب یا هزینه اجتماعی نامیده می‌شود و در واقع هزینه‌ای است که اثرات تخریب کننده یا سوء یک آلاینده یا فعالیت بر محصولات کشاورزی، اکوسیستم‌ها، مواد و سلامت انسان را بیان می‌کند و اغلب هزینه‌ای است که در قیمت بازار در نظر گرفته نمی‌شود. به عبارت دیگر به مجموع پولی که بتواند صدمات ناشی از انتشار مواد آلاینده را جبران کند هزینه اجتماعی، هزینه تخریب یا هزینه‌های خارجی گفته می‌شود. آلودگی هوا عموماً جزء هزینه‌های خارجی بخش حمل و نقل در نظر گرفته می‌شود (۸).

### عوامل موثر بر هزینه‌های انتشار

عوامل مختلفی وجود دارند که هزینه انتشار آلاینده‌های مختلف را تحت تاثیر قرار می‌دهند. برخی از مهم‌ترین این عوامل در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

**مقیاس:**

مقیاس تحلیل می‌تواند تنها آلاینده‌های منتشر شده از اگزوز خودروها را در بر بگیرد یا در مقیاس گسترده‌تر کلیه آلاینده‌های منتشر شده در ضمن فعالیت، سوخت‌گیری و تولید خودرو را مورد بررسی قرار دهد. آمار حمل و نقل در ایالات متحده نشان می‌دهند وسایل نقلیه موتوری، گازهای سمی را در هوای ایالات متحده به نسبت: بنزن ۰/۴۸٪، بوتادین ۰/۴۲٪، فرمالدئید ۰/۲۴٪ و گزین ۰/۴۳٪ منتشر نموده‌اند (۹). (جدول یک)

بحرانی را به دنبال دارد. این در شرایطی است که براساس شاخص‌های موجود در خصوص میزان انتشار آلاینده‌های مختلف، گاز طبیعی در مقایسه با فرآورده‌های نفتی سوخت پاک تر و سازگارتر با محیط زیست محسوب می‌شود. براین اساس کاهش آلاینده‌های زیست محیطی ناشی از جایگزینی CNG با بنزین و به تبع آن کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از انتشار این آلاینده‌ها، بخش دیگری از مزایای جایگزینی CNG با بنزین محسوب می‌شود.

### متدولوژی تحقیق

جهت انجام مطالعه حاضر، ابتدا با استفاده از مطالعات وسیع کتابخانه‌ای (مراجعه حضوری و نیز بهره‌گیری از جمع‌آوری اطلاعات در پایگاه‌های مرتبط در شبکه جهانی اینترنت) به جمع‌آوری اطلاعات موجود و نیز بررسی سوابق پژوهش‌های مرتبط در ابعاد داخل و بین‌المللی پرداخته ایم. بررسی ملاحظات فنی در خصوص فرآیند موتورهای گازسوز و سیستم‌های توزیع CNG بخش دیگری از مطالعات این مقاله بوده است. در مرحله بعد تعاریف مربوط به هزینه‌های اجتماعی ناشی از انتشار آلاینده‌های محیط زیست مطالعه و آخرین اطلاعات موجود در خصوص هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف بنزین در بخش حمل و نقل در کشور مورد بررسی قرار گرفته و با هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف بنزین در بخش حمل و نقل در کشور مورد بررسی قرار گرفته و با هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف گاز طبیعی فشرده (CNG) مقایسه می‌گردد.

بهره‌گیری از اطلاعات موجود در شبکه جهانی اینترنت و تبادل نظر مستمر با کارشناسان بخش‌های دولتی و خصوصی در شرکت‌ها و سازمان‌های ذیربط، این امکان را در اختیار پژوهشگر قرار داده است تا تازه‌ترین اطلاعات قابل استناد و در دسترس را در بخش‌های مختلف رساله مورد استفاده قرار دهد.

جدول ۱- مقیاس انتشار آلاینده‌ها ناشی از بخش حمل و نقل در ایالات متحده در سال ۲۰۰۶ (۱)

مقیاس	توضیح	آلاینده‌ها
اگزوز	آلاینده‌های منتشره از اگزوز	ذرات معلق، CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , VOCs
فعالیت خودرو	شامل ذرات معلق غیراگزوزی و انتشار بخارات در زمان کار در جای موتور	موارد بالا به علاوه ذرات اضافی (غبار جاده، لنت‌های ترمز و روکش لاستیک)، هوای سمی، CFCs, HCFCs, VOCs
چرخه زندگی	کل انتشار ناشی از تولید خودرو و تولید سوخت و استفاده از وسیله نقلیه	موارد فوق به علاوه آلاینده‌های منتشره حین تولید خودرو و سوخت

## نوع سوخت

سوخت‌های مختلفی به شرح ارائه شده در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد با استفاده از سوخت‌های جایگزین می‌توان می‌تواند برای خودرو مورد استفاده قرار بگیرد. چنان که میزان انتشار آلاینده‌ها را کاهش داد.

جدول ۲- مقایسه مزایا و مشکلات سوخت‌های مختلف (۱)

سوخت	CO <sub>2</sub> *	مزیت	مشکلات
دیزل	٪۲۰	به طور گسترده‌ای در دسترس و استفاده. کاهش انتشار کربن	افزایش انتشار ذرات، سولفور و صدا
گاز مایع (LPG)	٪۱۰	افزایش بازده و کاهش انتشار آلاینده	بازسازی موتورها، دسترسی محدود
CNG	٪۲۰	افزایش بازده و کاهش انتشار	بازسازی موتورها، دسترسی محدود، کاهش متان
متانول	٪۶۰	کاهش برخی آلاینده‌ها	سمی، افزایش برخی آلاینده‌ها
اتانول	٪۶۰-۰	کاهش برخی آلاینده‌ها	افزایش برخی آلاینده‌ها، اثر کلی بستگی به خوراک اولیه دارد.
برق	٪۲۰-۷۰	عدم آلاینده‌گی اگزوز، قابل تولید از منابع تجدیدپذیر	کاهش عملکرد خودرو و افزایش هزینه‌ها، اثرات کلی بستگی به منبع برق تولیدی دارد
هیدروژن	٪۲۰-۷۰	عدم آلاینده‌گی اگزوز	فعلا در دسترس نیست. اثرات ملی بستگی به منبع هیدروژن دارد.

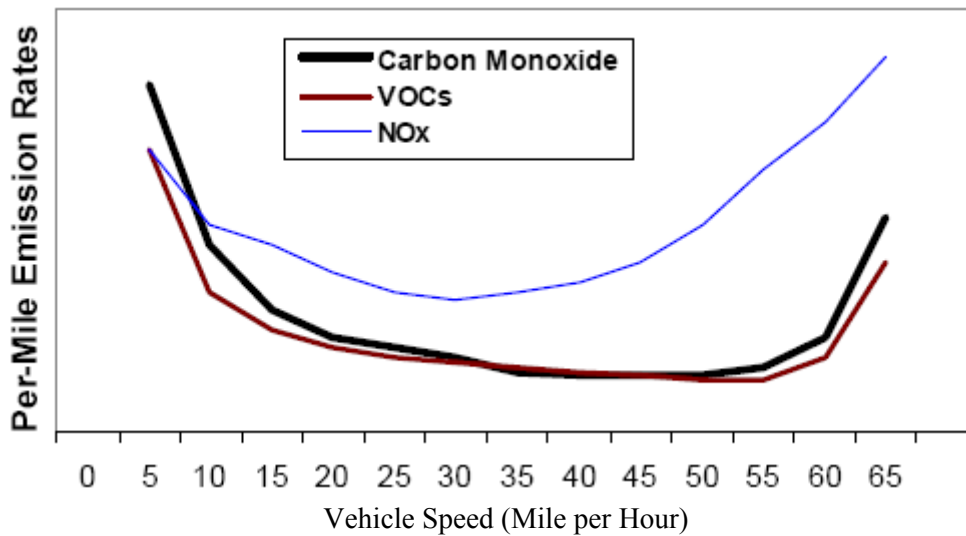
\* کاهش میزان انتشار CO<sub>2</sub> در هر مایل خودرو در مقایسه با بنزین

## میزان انتشار

- مدل‌های نرم‌افزاری تهیه شده برای محاسبه هزینه‌های انتشار آلاینده‌ها، معمولاً با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی مشخص طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر این اساس مدل‌های مزبور برای پیش‌بینی مجموع میزان انتشار تحت شرایط مختلف در مناطق مورد نظر قابلیت کاربرد دارند. عوامل مختلفی که بر نرخ انتشار آلاینده‌ها موثر هستند شامل موارد ذیل می‌باشند:
- نوع وسیله نقلیه
- عمر وسایل نقلیه و شرایط عملکرد آن‌ها (سیستم کنترل انتشار وسایل نقلیه دارای عمر بیشتر، از کارآئی کمتری برخوردار است. همچنین وسایل نقلیه دارای سیستم معیوب کنترل انتشار آلاینده میزان انتشار بالایی دارند).

نمودار مزبور نشان می‌دهد که انتشار  $\text{NO}_x$  در سرعت بیش از ۱۵-۲۰ میل در ساعت افزایش می‌یابد. همچنین انتشار  $\text{VOC}$  در سرعت بیش از ۳۰-۳۵ مایل در ساعت افزایش می‌یابد. ضمن این که انتشار  $\text{CO}$  نیز در سرعت بیش از ۳۰ مایل در ساعت افزایش می‌یابد. کاهش میزان خرابی‌های جاده‌ها و بزرگراه‌ها موجب کاهش مصرف انرژی و میزان انتشار آلاینده می‌شود.

- چرخه رانندگی (نرخ انتشار در شرایطی که موتور سردتر است به نسبت بیشتر از سایر شرایط عملکرد موتور می‌باشد).
- نوع رانندگی (شتاب بیشتر خودرو نرخ انتشار آلاینده را افزایش می‌دهد).
- شرایط رانندگی (نرخ انتشار آلاینده در مسیرهای پرشیب، رانندگی پرتوقف، و افزایش و کاهش سرعت خودرو مطابق نمودار ۱ بیشتر است (۱۰)).



نمودار ۱- ارتباط بین میزان انتشار آلاینده‌ها با سرعت وسیله نقلیه (۷)

#### مقادیر انتشار سرانه

عوامل مختلفی بر سرانه مسافت طی شده توسط خودروها و بنابراین بر میزان سرانه انتشار آلاینده توسط آن‌ها موثر است. این عوامل شامل الگوهای زندگی، نرخ‌های مالکیت خودرو و کیفیت روش‌های جایگزین مانند پیاده‌روی، دوچرخه سواری و استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی است. برخی مدل‌های نرم‌افزاری<sup>۱</sup> به منظور اندازه‌گیری و پیش‌بینی کاهش میزان انتشار آلاینده در اثر جایگزینی سایر روش‌های به جایی و نیز استراتژی‌های مدیریت به جایی و استفاده از زمین طراحی شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

#### انتشار آلاینده در موقعیت‌های مختلف

آلاینده‌های محلی مثل مونوکسیدکربن، ذرات معلق و سموم منتشره در هوا، عمدتاً در وسایل نقلیه و امتداد جاده‌ها متمرکز می‌شوند. هزینه‌های آلودگی هوا (در هر تن انتشار) در جاده‌های پرتردد و نیز در نقاطی که تمرکز جمعیت شدیدتر است و نیز در نواحی که شرایط جغرافیایی و آب و هوایی، آلودگی را محصور کرده و از تولید می‌کند بیشتر است. انتشار در شرایطی که در آن آلاینده‌ها در نتیجه شرایط جغرافیایی و آب و هوایی متمرکز می‌شوند (مانند دره‌ها در خلال وارونگی هوا) اثرات سوء بیشتری را در مقایسه با شرایطی که همان آلاینده‌ها در مناطق دارای محدودیت کمتر منتشر می‌شوند وارد می‌کنند.

۱- مانند مدل URBEMIS جهت اطلاعات بیشتر به سایت

### هزینه واحد آلودگی هوا

هزینه واحد آلودگی هوا به هزینه‌های برآورد شده در هر کیلوگرم یا تن ذرات آلاینده در یک محل مشخص (مانند یک شهر یا کشور مشخص) گفته می‌شود. هزینه‌های واحد تحت تاثیر مرگ‌ومیر و بیماری‌های ناشی از قرار گرفتن در معرض آلاینده (که تابع عکس‌العمل به دوز نامیده می‌شود)، تعداد افراد در معرض آلاینده، ارزشی که می‌توان برای زندگی افراد و سلامتی آن‌ها قایل شد، ارزش یک سال از زندگی، سال‌های بالقوه از دست رفته، و سال‌های تعدیل شده به دلیل ناتوانی و دامنه‌ای از هزینه‌های اضافی و خسارات (مانند از دست رفتن محصول، کاهش کیفیت اکولوژیک، و کاهش زیبایی ظاهری محیط‌زیست) قرار دارند.

بسیاری از مطالعات انجام شده در کشورها و سال‌های مختلف تا حد زیادی تابع شرایط خاص کشور مزبور است. ضمن این که از تعدیل ارقام حاصله در سال‌های گذشته با استفاده از نرخ تورم می‌توان برآوردهای روزآمدتری به دست آورد. ممکن است هزینه‌های واحد آلاینده‌ها در طی یک دوره مورد بررسی کاهش یافته باشد که این امر می‌تواند به دلیل ارتقای سطح درمان بیماری‌های ناشی از قرار گرفتن در معرض مقدار مشخصی آلودگی و یا کاهش مرگ و میر در اثر همین مسئله باشد. اما به احتمال زیاد این عوامل تحت تاثیر عواملی مانند افزایش جمعیت شهری (که تعداد افراد در معرض آلاینده‌ها را افزایش می‌دهد) و افزایش ارزشی که برای زندگی انسان و سلامتی وی برآورد می‌شود خنثی می‌شوند. افزایش ارزش عمر و سلامتی افراد در نتیجه ثروتمندتر<sup>۱</sup> شدن آن‌ها صورت می‌گیرد. هزینه‌های اجتماعی انتشار آلاینده‌ها در محیط‌های شهری بیش از هزینه‌های انتشار در محیط‌های روستایی است. این تفاوت در مورد برخی از آلاینده‌ها بیش از

دو برابر است. علت این موضوع با توجه به تعریف ارایه شده از هزینه‌های اجتماعی کاملاً منطقی است.

### هزینه اجتماعی انتشار آلاینده‌های هوا در ایران

بر اساس مطالعات انجام شده توسط شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌های هوا در ایران به شرح جدول (۳) است (۱). از آن جا که آمار ارایه شده مربوط به سال ۱۳۸۴ می‌باشد این آمار بر اساس نرخ تورم متوسط سالانه ۱۵٪ (برآورد صندوق بین‌المللی پول از نرخ تورم در اقتصاد ایران در سال ۸۵) برای سال ۱۳۸۵ تعدیل شده‌اند (جدول ۳).

مطالعات انجام شده در زمینه میزان انتشار برخی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا توسط خودروها در دو حالت بنزین سوز و گازسوز به شرح جدول ۴ است.

۱- منظور از ثروت در ادبیات اقتصادی تنها محدود به منابع مالی در اختیار افراد نیست. بر اساس نظریه‌های جدید در حوزه توسعه، مبنای محاسبه ثروت در جوامع، دانش و توانایی‌های علمی و مهارت‌های افراد در تکنیک‌ها و تکنولوژی‌های نوین، سطح علمی افراد است. در کنار این مبانی مسائلی مانند منابع طبیعی در اختیار کشور و ذخایر و توان مالی مورد نظر قرار می‌گیرد.



جدول ۳- هزینه‌های اجتماعی انتشار آلاینده‌ها از بخش حمل و نقل در ایران (۱۲)

دلار در هر تن

NO <sub>x</sub>	HC	CO <sub>2</sub>	CO	آلاینده‌ها
۱۹۴	۲۵۹	۲/۶	۱۹۶	هزینه اجتماعی ایران (۱۳۸۴)
۲۵۷	۳۴۳	۳/۴	۲۵۹	هزینه تعدیل شده بر مبنای نرخ تورم (۱۳۸۵)

جدول ۴- مقایسه میزان انتشار در خودروهای بنزین‌سوز و CNG سوز در کشور در سال ۱۳۸۴ (۱۲)

NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	HC	آلاینده‌های اندازه‌گیری شده
۲۴/۹۳	۱۲۹۰/۱۱	۶۷/۲۶	۸/۸۹	بنزین [gr/km]
۳۲/۳۵	۹۹۶/۵۶	۳/۱۷	۸/۱۱	CNG [gr/km]

بر این اساس کاهش میزان هزینه‌های اجتماعی آلودگی هوا در نتیجه جایگزینی CNG به جای بنزین در تاکسی‌های در حال تردد در سطح شهر تهران رقمی در حدود ۶۳/۸۳ میلیون دلار در سال خواهد بود. بدیهی است تسری اجرای این طرح به کلیه خودروهای در حال تردد در سطح شهر تهران و نیز وسایل نقلیه سنگین می‌توان منافع اجتماعی مورد نظر را به مراتب افزایش دهد.

مقایسه اطلاعات مندرج در جدول ۴ نشان می‌دهد اختلاف بین میزان انتشار آلاینده‌ها در دو حالت بنزین‌سوز و CNG سوز و در شرایطی که میزان تردد تاکسی در طول یک سال معادل ۱۰۰ هزار کیلومتر در نظر گرفته شود (۱۲)، به شرح جدول ۵ خواهد بود. با توجه به تعداد ۴۰ هزار خودروی تاکسی در حال تردد در سطح شهر تهران، میزان صرفه‌جویی در انتشار آلاینده در طول سال به شرح جدول ۶ خواهد بود.

جدول ۵- تفاوت در میزان انتشار سالانه آلاینده از یک خودرو در دو حالت بنزین و CNG

CO <sub>2</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	آلاینده‌های اندازه‌گیری شده
۲۹۳/۵	۶۴/۰۹	۰/۷۸	-۷/۴۲	تفاوت در میزان انتشار آلاینده در دو حالت CNG و بنزین سوز [gr/km]
۲۹/۳۵	۶/۴۱	۰/۰۷۸	-۰/۷۴	تفاوت میزان انتشار (تن) در یک سال به ازای هر خودرو

جدول ۶- میزان صرفه‌جویی سالانه در هزینه‌های اجتماعی انتشار آلاینده در اثر CNG سوز کردن

تاکسی‌های تهران در سال ۸۵

CO <sub>2</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	آلاینده‌های اندازه‌گیری شده
۲۹/۳۵	۶/۴۱	۰/۰۷۸	-۰/۷۴	تفاوت میزان انتشار (تن) در یک سال به ازای هر خودرو
۳/۴	۲۵۹	۳۴۳	۲۵۷	هزینه‌های اجتماعی هر تن آلاینده (دلار)
۹۹/۷۹	۱۶۶۰/۱۹	۲۶/۷۵	-۱۹۰/۱۸	کاهش هزینه اجتماعی انتشار به ازای هر خودرو (دلار در سال)
۳/۹۹	۶۶/۳۶	۱/۰۸	-۷/۶	ارزش کاهش انتشار هر آلاینده (میلیون دلار در سال)
۶۳/۸۳				کل ارزش کاهش میزان انتشار کلیه آلاینده‌ها در سال (میلیون دلار در سال)

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

۳. وزارت نیرو، معاونت امور انرژی، ۱۳۸۵، ترازنامه

انرژی سال ۱۳۸۳ کل کشور

4. ADB (Asian Development Bank), 2003, Compressed Natural Gas (CNG) Master Plan for Transport in Metro Manila
5. BTS, Transportation Statistics Annual Report 2000, Bureau of Transportation Statistics ([www.bts.gov](http://www.bts.gov)), 2002, p.192.
6. ESCAP, United Nations, "Guidelines For Conversion of Diesel Buses to Compressed Natural Gas", 1993
7. TRB, Expanding Metropolitan Highways: Implications for Air Quality and Energy Use, TRB Special Report #345, National Academy Press (Washington DC, [www.trb.org](http://www.trb.org)), 1995
8. USDOT, Sensitivity Analysis of Mobile6 Motor Vehicle Emission, FHWA, USDOT ([www.epa.gov/OTAQ/m6.htm](http://www.epa.gov/OTAQ/m6.htm)): available at [www.tdot.state.tn.us/mediaroom/docs/2005/emission\\_reductions.pdf](http://www.tdot.state.tn.us/mediaroom/docs/2005/emission_reductions.pdf)
9. Victoria Transport Policy Institute-2006 at [www.vtpi.org](http://www.vtpi.org)
10. [www.iangv.org/countryreports/Canada.htm](http://www.iangv.org/countryreports/Canada.htm)
11. [www.iangv.org/about](http://www.iangv.org/about)
12. [www.iangv.org/view/15/34](http://www.iangv.org/view/15/34)
13. [www.engva.org/default.aspx](http://www.engva.org/default.aspx)

محاسبات انجام شده نشان می‌دهد استفاده از سوخت‌های پاکیزه‌تر مانند گاز طبیعی که میزان انتشار آلاینده‌های آن کمتر از سایر سوخت‌ها می‌باشد می‌تواند به کاهش میزان هزینه‌های اجتماعی در اثر انتشار این آلاینده‌ها منجر گردد. بر این اساس توسعه استفاده از گاز طبیعی در بخش حمل و نقل در ایران که بزرگ‌ترین بخش مصرف‌کننده انرژی در کشور محسوب می‌شود، می‌تواند در ابعاد قابل ملاحظه‌ای به کاهش هزینه‌های اجتماعی در اثر مصرف سوخت در کشور منجر گردد.

بر این اساس و با توجه به محاسبات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که مزایای جایگزینی گاز طبیعی (CNG) به جای بنزین تنها ناشی و محدود به تفاوت هزینه‌های بنزین و گاز طبیعی نیست. به گونه‌ای که تنها در خصوص ۴۰ هزار دستگاه تاکسی‌های در حال تردد در سطح شهر تهران کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها که موجب کاهش هزینه‌های اجتماعی می‌شود رقمی معادل ۶۳/۸۳ میلیون دلار برآورد شده است.

از سوی دیگر فرآیندهای تامین مالی طرح‌های زیست‌محیطی در بسیاری از کشورها از مدت‌ها پیش آغاز شده است. بر این اساس به نظر می‌رسد با توجه به توجیه‌پذیری این طرح در حوزه زیست‌محیطی می‌توان نسبت به پیش‌بینی راهکارهای متناسب در کشور از طریق سازمان‌های ذیربط مانند سازمان حفاظت محیط زیست اقدام نمود.

## منابع

۱. شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۴، میزان صرفه‌جویی اقتصادی در پی تبدیل ناوگان حمل و نقل به سیستم CNG
۲. عزیزیان، فاطمه، ۱۳۸۳، ارزیابی اثرات اجتماعی جایگزینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی،