

بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل درون شهری و برآورد میزان کاهش هزینه‌های خارجی و اجتماعی با جایگزینی گاز طبیعی (مطالعه موردی: شهر زنجان)

عذرا طارمی^{۱*}، سعید متصدی زرنندی^۲، زهرا عابدی^۳، بهاره علی‌پناهی^۴

۱ کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست- آلودگی هوا، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران

۲ دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۳ استادیار دانشکده محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران

۴ مربی مدعو گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۲۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۰۹)

چکیده

بخش حمل و نقل بیشترین بخش مصرف‌کننده فرآورده‌های نفتی می‌باشد. با توجه به افزایش مصرف بنزین در ایران طی سال‌های اخیر، این امر موجب افزایش آلودگی‌های هوا از جمله گرم شدن زمین بر اثر تولید گازهای گلخانه‌ای شده است. گاز طبیعی به علت سازگاری با محیط‌زیست می‌تواند به‌عنوان سوخت قالب در بخش حمل و نقل تبدیل شود. در این مطالعه، با استفاده از فرمول‌های پیشنهادی مکانیسم توسعه پاک، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از بخش حمل و نقل، سپس هزینه‌های خارجی و اجتماعی حاصل از تولید گازهای گلخانه‌ای، صرفه‌جویی‌های اقتصادی حاصل از گازسوز کردن خودروها از دید مالک و دولت و ظرفیت کنونی جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG شهر زنجان جهت جایگزینی CNG به جای سوخت فسیلی در سناریوهای مختلف (افزایش خودروهای دوگانه‌سوز به ترتیب ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۹۰ درصد) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج، بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را مربوط به خودروهای شخصی فقط بنزین‌سوز با $2/08 \times 10^{11}$ معادل تن CO_2 در سال با هزینه‌های خارجی و اجتماعی به ترتیب $1/6 \times 10^{16}$ و $1/6 \times 10^{16}$ ریال در سال و کمترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به خودروهای شخصی دوگانه‌سوز با سوخت CNG برابر با $3/4 \times 10^9$ معادل تن CO_2 در سال با هزینه‌های خارجی و اجتماعی به ترتیب $2/7 \times 10^{14}$ و $1/1 \times 10^{15}$ ریال در سال نشان داد. همچنین، صرفه‌جویی‌های اقتصادی از دیدگاه دولت و مالک خودرو کاملاً محسوس می‌باشد. ظرفیت کنونی جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG جهت جایگزینی با سوخت فسیلی پاسخگوی خودروهای گازسوز فعلی شهر می‌باشد و ظرفیت جایگزینی را در سناریوهای مختلف ندارند مگر، با احداث جایگاه‌های جدید سوخت‌رسانی CNG که این خود نیاز به مطالعه و برآورد اقتصادی دارد.

کلید واژه‌ها: بخش حمل و نقل، گازهای گلخانه‌ای، هزینه‌های خارجی، هزینه‌های اجتماعی، گاز طبیعی فشرده

سرآغاز

حمل و نقل یکی از مهم‌ترین مصرف‌کننده انرژی در ایران محسوب می‌شود. جایگاه ایران به عنوان دومین دارنده ذخایر گاز دنیا، نشان می‌دهد که ایران پتانسیل بسیاری برای توسعه استفاده از گاز طبیعی در بخش‌های عمده مصرف‌کننده‌های انرژی به‌خصوص حمل و نقل دارد و از طرفی میزان آلودگی‌های ایجاد شده به‌ویژه گازهای گلخانه‌ای حاصل از گاز طبیعی فشرده (CNG)^(۱) کمتر است. گرم شدن زمین در نتیجه گازهای گلخانه‌ای باعث آسیب رساندن به سلامتی موجودات زنده و کیفیت محیط‌زیست و منافع اقتصادی آن شده است که معمولاً به صورت هزینه‌های محیط‌زیستی و هزینه‌های سلامت انسان تحت عنوان هزینه‌های اجتماعی^(۲) و خارجی^(۳) منعکس شده است. هزینه‌هایی که در بخش تولید وجود دارد ولی در هزینه‌های داخلی آن‌ها وارد نمی‌شود، هزینه‌های خارجی می‌باشد. از طرفی به مجموع پولی که بتواند صدمه‌های ناشی از انتشار مواد آلاینده و گازهای گلخانه‌ای را جبران نماید، هزینه تخریب یا هزینه‌های اجتماعی گفته می‌شود. جهت محاسبه هزینه‌های تخریب نیاز به کمی کردن اثر آلاینده‌ها و فعالیت‌ها در محیط‌های اثرپذیر (انسانی و طبیعی) می‌باشد. (عباسپور، ۱۳۸۶). امروزه، مطالعات زیادی در مورد هزینه‌های اقتصادی آلاینده‌های محیط‌زیست انجام شده است که تعدادی از این مطالعات مربوط به کشورهای توسعه یافته می‌باشد. (Forkenbrock, 2001)، به بررسی و مقایسه هزینه‌های خارجی و خصوصی در دو بخش حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی پرداخته‌است. نتایج مطالعه وی نشان می‌دهد که هزینه‌های خارجی و خصوصی حمل‌ونقل ریلی کمتر از هزینه‌های خارجی و خصوصی حمل‌ونقل جاده‌ای می‌باشد.

(Mirasgedis, et al., 2000)، هزینه‌های اجتماعی نیروگاه‌های برق را با انرژی‌های تجدیدپذیر و فسیلی در جزیره ایسلند مقایسه نموده‌اند. این مطالعه، بر اساس برآورد هزینه‌های مرگ و میر و آثار گرمایش جهانی بر اساس سال‌های عمر از دست رفته و میزان هزینه به ازای یک تن دی‌اکسیدکربن منتشره بررسی شده است. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که هزینه اجتماعی انرژی‌های فسیلی در مقایسه با انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه سیستم برق در منطقه ایسلند بالا می‌باشد.

در مطالعه دیگری (Kumar Sen & Tiwari, 2010)، به بررسی و برآورد هزینه‌های خارجی نهایی حمل و نقل شهر دهلی پرداخته‌اند. در این مقاله، چهار نوع هزینه‌های خارجی (ترافیک، آلودگی هوا، تصادفات جاده‌ای و صدا) بررسی شده است. نتایج این مقاله حاکی از آن است که حمل و نقل شهری در دهلی هزینه‌های اجتماعی زیادی را تحمیل می‌کند که هیچ کدام از استفاده‌کنندگان خود را ضامن ایجاد آن نمی‌دانند.

(Zhang et al., 2007)، هزینه‌های تخریب محیط‌زیستی حاصل از الکتریسیته فسیلی را طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ در چین بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که آنالیز حاصل از هزینه‌های تخریب شهرستان‌های مختلف تفاوت عظیمی دارند. بخش‌های مرکزی و غربی نیز دارای هزینه‌های محیط‌زیستی بالاتری نسبت به بخش شرقی دارند.

همچنین، در بعضی از مطالعات به بررسی میزان گازهای گلخانه‌ای حاصل از حمل و نقل و هزینه‌های اقتصادی آلاینده‌های محیط‌زیست در ایران پرداخته‌اند. مانند آن چه (عابدی و نظیری، ۱۳۸۶) به بررسی مصرف بالای انرژی در بخش حمل و نقل در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی و نیز سهم بارز این بخش در انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته‌اند و هزینه‌های تخریب و هزینه‌های اجتماعی را در این دو بخش مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که هزینه‌های آلاینده‌ها و تخریب محیط‌زیست توسط حمل و نقل ریلی بسیار کمتر از حمل و نقل جاده‌ای است.

(کاظمی و عابدی، ۱۳۸۷)، به بررسی هزینه‌های مستقیم و خارجی بخش حمل و نقل جاده‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و با تأیید بر حمل و نقل ریلی درون شهری پرداخته‌اند. نتیجه این بررسی نشان داده است که با توجه به فقدان مکانیسم محاسبه و دریافت هزینه‌های اجتماعی در کشور، سیاستی که می‌تواند به کار گرفته شود، سیاست جلوگیری از ایجاد این هزینه‌ها و یا بخش‌های سازگارتر با محیط‌زیست و به طور کلی کم هزینه است. با استفاده بهینه از امکانات موجود مانند رفع نواقص موجود در شبکه راه‌ها، ایجاد سیستم‌های ترکیبی حمل و نقل و ...، تغییر سوخت‌های فعلی به سوخت‌های جایگزین از قبیل CNG، پرداخت یارانه به بخش حمل و نقل شهری تا حد امکان، کاهش میزان مصرف بنزین و به طور کل

گلخانه‌ای ناشی از بخش حمل و نقل می‌باشد که ذیل پروتکل کیوتو به منظور کمک به توسعه پایدار کشورهای در حال توسعه از یک سو و کمک به انجام تعهدات کشورهای توسعه یافته در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از سوی دیگر پیش بینی شده است. چرخه پروژه‌های (CDM) شامل پنج مرحله: ۱. طرح و فرمول پروژه شامل ثبت پروژه و نگهداری آن در اسناد طرح پروژه‌ها ۲. موافقت ملی ۳. اثبات ماهیت اجرایی و وجود پروژه (توسط DOE)^(۵) ۴. پایش پروژه و تایید آن ۵. تایید کاهش انتشارات می‌باشد. (Christopher Zegra, 2007) اطلاعات مورد نیاز جهت برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط این روش عبارت از: میزان مسافت پیموده شده، نوع سوخت، میزان سوخت مصرفی، تعداد خودروها، تعداد مسافر جابه‌جا شده و... می‌باشند که این آمار و اطلاعات لازم از سازمان‌های مربوطه (شرکت ملی گازاستان زنجان، ۱۳۸۹؛ شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، منطقه زنجان، ۱۳۸۹؛ راهنمایی و رانندگی استان زنجان، ۱۳۸۹؛ سازمان تاکسیرانی استان زنجان، ۱۳۸۹) تهیه شد. بر اساس روش ارائه شده برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از فرمول‌های زیر انجام شده است. فرمول (۱): فاکتور انتشار حمل و نقل به ازای مسافت پیموده شده

$$EF_{KM,i} = \sum_x [SEC_{x,i} \times (EF_{CO2,x} + EF_{CH4,x} + EF_{N2O,x}) \times (\frac{N_{x,i}}{N_i})]$$

$EF_{KM,i}$ = فاکتور انتشار حمل و نقل به ازای مسافتی که وسیله نقلیه i طی می‌کند. (گرم CO_2 به ازای هر کیلومتر مسافت پیموده شده)

$SEC_{x,i}$ = مصرف مخصوص سوخت با توجه به وسیله نقلیه i (لیتر در هر کیلومتر)

$EF_{CO2,x}$ = فاکتور انتشار CO_2 با توجه به نوع سوخت (گرم CO_2 برای هر لیتر)

$EF_{CH4,x}$ = فاکتور انتشار CH_4 با توجه به نوع سوخت (گرم CO_2 برای هر لیتر، بر مبنای $GWP^{(۶)}$)

$EF_{N2O,x}$ = فاکتور انتشار N_2O با توجه به نوع سوخت (گرم CO_2 برای هر لیتر، بر مبنای GWP)

$N_{x,i}$ = تعداد کل وسایل نقلیه i

N_i = تعداد کل وسایل نقلیه i با توجه به نوع سوخت مصرفی

فرمول (۲): فاکتور انتشار حمل و نقل به ازای هر مسافر

صرفه جویی‌های اقتصادی می‌توان میزان آلاینده‌ها و هزینه‌های ناشی از حمل و نقل را به حداقل رساند.

در ارتباط با صرفه‌جویی‌های اقتصادی حاصل از گازسوز نمودن خودروها جهت جایگزینی CNG دو دیدگاه وجود دارد: ۱. دیدگاه دولت، ۲. دیدگاه مالک خودرو که هر کدام به نوبت خود سهم به‌سزایی در صرفه جویی و به تبع آن کاهش آلودگی دارد و به دنبال آن کنترل مصرف بی‌رویه سوخت‌های بنزینی و کاهش آلودگی محیط‌زیست را در پی دارند. (ماهوتچی و همکاران، ۱۳۸۷). استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG) به عنوان سوخت جایگزین در موتورهای احتراق داخلی یکی از راه‌کارهای مورد توجه در پاسخ به مصرف روز افزون سوخت‌های فسیلی و آلودگی محیط‌زیست می‌باشد. البته جایگزینی CNG با سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل بایستی مطابق ظرفیت جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG باشد که در غیر این صورت نیاز به احداث جایگاه‌های جدید را می‌طلبد و این نیازمند مطالعات وسیع و برآورد اقتصادی است. (صوفی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به گسترش حمل و نقل و مصرف بالای انرژی آن در شهر زنجان و انتشار آلاینده‌های حاصل از بخش حمل و نقل و اهمیت جایگزینی CNG به جای سوخت‌های فسیلی، مطالعاتی در زمینه فوق انجام گرفته است. از جمله این مطالعات، برآورد میزان گازهای گلخانه‌ای، هزینه‌های خارجی و اجتماعی آلاینده‌ها، صرفه اقتصادی گازسوز کردن خودروها و تعیین ظرفیت جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG جهت جایگزینی می‌باشند. لازم به ذکر است که این تحقیق، بر اساس ۴ سناریو (۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۹۰٪) افزایش تعداد خودروهای گازسوز ارائه شده و هدف از ارائه تحقیق حاضر برآورد میزان گازهای گلخانه‌ای حاصل از بخش حمل و نقل ناشی از سوخت‌های فسیلی و مقایسه اقتصادی آن با جایگزینی سوخت CNG در شهر زنجان می‌باشد.

مواد و روش بررسی

• برآورد میزان گازهای گلخانه‌ای معادل تن CO_2 بر اساس مکانیسم توسعه پاک (CDM, 2010)^(۴)

این تحقیق، پس از مطالعات علمی جهت برآورد گازهای گلخانه‌ای بر اساس فرمول‌های پیشنهادی مکانیسم توسعه پاک (CDM) انجام گرفته است. مکانیسم توسعه پاک (CDM, 2010) یک متدولوژی بین‌المللی جهت کاهش انتشارات گازهای

$TC_{PJ,x,y}$ = کل مصرف سوخت وسیله نقلیه i در سال توسط پروژه (میلیون لیتر)

فرمول (۶): کاهش انتشار در سال

$$ER_y = BE_y - PE_y$$

ER_y = کاهش انتشار در سال (تن CO_2)

BE_y = انتشارات خطوط پایه در سال (تن CO_2)

PE_y = انتشارات پروژه در سال (تن CO_2)

• هزینه‌های آلودگی ناشی از تولید گازهای گلخانه‌ای

با توجه به محاسبه‌های انجام شده بر اساس فرمول‌های پیشنهادی (CDM) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شده معادل تن CO_2 می‌باشند و تفکیک انواع گازهای گلخانه‌ای معادل تن CO_2 امکان‌پذیر نمی‌باشد. به همین خاطر، از هزینه‌های اجتماعی کربن و قیمت جهانی کربن در سال ۱۳۸۹ استفاده شده است. قیمت جهانی کربن در سال ۱۳۸۹، ۶/۷ یورو به ازای هر تن CO_2 می‌باشد که با توجه به قیمت یورو و معادل ریال آن در سال فوق، ۸۰،۴۰۰ ریال معادل تن CO_2 تولیدی می‌باشد (Lutken & Holm Olsen, 2011) هزینه‌های اجتماعی کربن در سال ۱۳۸۹، ۲۸ یورو به ازای هر تن CO_2 می‌باشد که با توجه به قیمت یورو و معادل ریال آن در سال فوق، ۳۳۶،۰۰۰ ریال معادل تن CO_2 تولیدی می‌باشد (Watkiss et al., 2010).

• ارزیابی اقتصادی گازسوز کردن خودروها و توسعه

جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG

بر اساس آخرین آمار تبدیل و تولید خودروهای CNG در سال ۱۳۸۹ در شهر زنجان، حدود ۱۳۴۵۴ خودروی دوگانه‌سوز CNG فعال می‌باشد. حدود ۱۶/۵ درصد خودروهای گازسوز را خودروهای عمومی و ۸۳/۵ درصد خودروهای گازسوز را خودروهای شخصی تشکیل می‌دهد. متوسط پیمایش خودروهای شخصی دوگانه‌سوز ۵۰ کیلومتر در روز و خودروهای شخصی بنزین‌سوز ۴۰ کیلومتر در روز می‌باشد. میزان متوسط مصرف بنزین نیز به ترتیب ۳ و ۵ لیتر در روز می‌باشد. (اداره راهنمایی و رانندگی استان زنجان، ۱۳۸۹). در ضمن، متوسط پیمایش یک خودروی عمومی (تاکسی) حدود ۳۰۰ کیلومتر در روز و متوسط

$$EF_{p,i} = \frac{EF_{KM,i} \times TD_i}{OC_i}$$

$EF_{p,i}$ = فاکتور انتشار حمل و نقل به ازای هر مسافر پیش از شروع پروژه با توجه به نوع وسیله نقلیه i (گرم CO_2 به ازای هر مسافر)

$EF_{KM,i}$ = فاکتور انتشار حمل و نقل به ازای مسافتی که وسیله نقلیه i طی می‌کند. (گرم CO_2 به ازای هر کیلومتر مسافت پیموده شده)

TD_i = متوسط مسافت پیموده شده برای وسیله نقلیه i (کیلومتر)

OC_i = متوسط ظرفیت وسیله نقلیه i (مسافران)

فرمول (۳): فاکتور انتشار حمل و نقل به ازای هر مسافر بر اساس مصرف سوخت

$$EF_{p,i} = \frac{\sum_x [TC_{x,i} \times (EF_{CO_2,x} + EF_{CH_4,x} + EF_{N_2O,x})]}{P_i}$$

$EF_{p,i}$ = فاکتور انتشار حمل و نقل به ازای هر مسافر پیش از شروع پروژه با توجه به نوع وسیله نقلیه i (گرم CO_2 به ازای هر مسافر)

$TC_{x,i}$ = کل مصرف سوخت وسیله نقلیه i (میلیون لیتر)

$EF_{CO_2,x}$ = فاکتور انتشار CO_2 با توجه به نوع سوخت (گرم CO_2 برای هر لیتر)

$EF_{CH_4,x}$ = فاکتور انتشار CH_4 با توجه به نوع سوخت (گرم CO_2 برای هر لیتر، بر مبنای GWP)

$EF_{N_2O,x}$ = فاکتور انتشار N_2O با توجه به نوع سوخت (گرم CO_2 برای هر لیتر، بر مبنای GWP)

P_i = تعداد مسافران جابجا شده توسط وسیله نقلیه i

فرمول (۴): انتشارات خطوط پایه در سال

$$BE_y = \sum_i EF_{p,i,y} \times P_{i,y}$$

BE_y = انتشارات خطوط پایه در سال (تن CO_2)

$P_{i,y}$ = تعداد مسافران جابجا شده توسط وسیله نقلیه i در سال

$EF_{p,i,y}$ = فاکتور انتشار حمل و نقل به ازای هر مسافر با توجه به نوع وسیله نقلیه i در سال (گرم CO_2 به ازای هر مسافر در سال) فرمول (۵): انتشارات پروژه در سال

$$PE_y = \sum_x [TC_{PJ,x,y} (EF_{CO_2,x} + EF_{CH_4,x} + EF_{N_2O,x})]$$

PE_y = انتشارات پروژه در سال (تن CO_2)

جدول (۱): میزان تزریق CNG در جایگاه‌های مختلف

شهر زنجان - سال ۱۳۸۹

جایگاه	هر دیسپنسر (دقیقه)	استغال زمانی (داری و نازل)	تعداد دیسپنسر	کارکرد کل دیسپنسرها (متر مکعب)	کارکرد کل دیسپنسر در روز	کارکرد کل دیسپنسرها در روز
۱	۵	۳	۳	۱۴۹۸۸	۷۴۹۴۰	۷۴۹۴۰
۲	۵	۳	۳	۱۳۶۱۴	۶۸۰۷۰	۶۸۰۷۰
۳	۵	۳	۳	۱۴۵۴۲	۷۲۷۱۰	۷۲۷۱۰
۴	۵	۳	۳	۱۴۴۱۰	۷۲۰۵۰	۷۲۰۵۰
۵	۵	۳	۳	۱۳۶۴۵	۶۸۲۲۵	۶۸۲۲۵
۶	۵	۳	۳	۱۳۴۷۹	۶۷۳۹۵	۶۷۳۹۵
۷	۵	۳	۳	۱۲۸۲۱	۶۴۱۰۵	۶۴۱۰۵
۸	۵	۳	۳	۱۴۶۴۱	۷۳۲۰۵	۷۳۲۰۵
۹	۵	۳	۳	۱۱۵۶۴	۵۷۸۲۰	۵۷۸۲۰
۱۰	۵	۳	۳	۱۳۴۹۱	۶۷۴۵۵	۶۷۴۵۵
۱۱	۵	۳	۳	۱۱۹۷۱	۵۹۸۵۵	۵۹۸۵۵
۱۲	۵	۳	۳	۱۱۵۸۱	۵۷۹۰۵	۵۷۹۰۵

از محاسبه‌های انجام شده بر اساس جدول (۲)، بیشترین و به روش (CDM) نشان می‌دهد که حمل و نقل شهری سهم عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. بر اساس نتایج حاصل از محاسبه‌های انجام شده بر اساس جدول (۲)، بیشترین و کمترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ترتیب مربوط به خودروهای شخصی فقط بنزین سوز با $10^{11} \times 2/08$ معادل تن CO₂ در سال و خودروهای شخصی دوگانه‌سوز با سوخت CNG با $10^9 \times 3/4$ معادل تن CO₂ در سال می‌باشد. همچنین، نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از خودروهای عمومی (تاکسی) دوگانه‌سوز با مصرف سوخت CNG بیشتر از خودروهای عمومی (تاکسی) با مصرف سوخت بنزین می‌باشد و این خود به علت مصرف بالای CNG در مقایسه با بنزین در این خودروها می‌باشد. البته این نتایج بر اساس کاهش بنزین و افزایش مصرف CNG در سناریوهای مختلف به خوبی نمایان است.

• برآورد هزینه‌های خارجی و اجتماعی

میزان افزایش هزینه‌های گازهای گلخانه‌ای بر اساس میزان

مصرف بنزین هر خودروی عمومی (تاکسی)، ۵ لیتر در روز است. (سازمان تاکسیرانی استان زنجان، ۱۳۸۹).

همچنین، با احتساب روزهای تعطیل برای مسافرت‌ها روزهای کاری خودروها ۳۶۵ روز در نظر گرفته شده است. نرخ داخلی بنزین در سال ۱۳۸۹، ۱۰۰۰ ریال به ازای هر لیتر و نرخ داخلی گاز ۴۰۰ ریال به ازای هر متر مکعب و نرخ FOB خلیج فارس برای بنزین ۶۰۰۰ ریال به ازای هر لیتر در نظر گرفته شده است (شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران - منطقه زنجان، ۱۳۸۹). با در نظر گرفتن اطلاعات فوق بررسی و ارزیابی اقتصادی گازسوز کردن خودروها از دیدگاه دولت و از دیدگاه مالک خودرو انجام پذیرفته است.

• تعیین ظرفیت کنونی جایگاه‌های سوخت‌رسانی جهت جایگزینی CNG به جای سوخت فسیلی در

شهر زنجان

با توجه به این که جایگاه‌های تزریق گاز در طول مدت شبانه‌روز بدون مشتری نمی‌باشد، بر این اساس با توجه به میزان تزریق سالیانه جایگاه و مقدار زمان مورد نیاز جهت تزریق گاز به خودرو بر اساس جدول (۱)، ظرفیت کنونی جایگاه‌های سوخت‌رسانی شهر زنجان جهت جایگزینی CNG محاسبه می‌شود. البته، مدت زمان سوخت‌گیری با توجه به حجم مخازن و کارکرد کمپرسورها و تعداد مشتری‌ها متفاوت می‌باشد. بنابراین، مقدار بیان شده یک مقدار متوسط است. با توجه به این که مدت زمان مورد نیاز برای سوخت‌گیری هر وسیله نقلیه به‌طور متوسط ۵ دقیقه در نظر گرفته شده است. این در مورد خودروهایی است که میزان گاز مورد نیاز آن‌ها در هر مرحله سوخت‌گیری در حدود ۱۵ متر مکعب باشد. همچنین، بر اساس اطلاعات موجود در جدول (۱) می‌توان ظرفیت کنونی جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG را بر اساس افزایش خودروهای دوگانه‌سوز بر اساس سناریوهای مختلف (۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۹۰٪) به‌دست آورد.

یافته‌ها

• میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای

نتایج حاصل از محاسبه‌های مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای به روش (CDM) نشان می‌دهد که حمل و نقل شهری سهم عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. بر اساس نتایج حاصل

است. کاهش مصرف بنزین با جایگزینی CNG سبب صرفه جویی اقتصادی و کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود.

• تعیین ظرفیت کنونی جایگاه‌های سوخت‌رسانی جهت جایگزینی CNG

بر اساس اطلاعات جدول (۱) و محاسبه‌های جدول (۶)، میزان اشغال ظرفیت کنونی جایگاه‌های CNG ۱۷۶۸۷۰۸۵ دستگاه برای ۲۱/۶٪ خودروهای موجود می‌باشد و جایگاه‌های کنونی ظرفیت جایگزینی CNG را بر اساس سناریوهای (۲۵٪-۵۰٪ - ۷۵٪ - ۹۰٪) افزایش خودروهای CNG سوز را ندارند.

انتشار گازهای گلخانه‌ای و قیمت جهانی کربن می‌باشد. با توجه به مقادیر گازهای گلخانه‌ای معادل تن CO₂ محاسبه شده نتایج حاصل از هزینه‌های خارجی و اجتماعی گازهای گلخانه‌ای بر اساس جداول (۲، ۳ و ۴)، ارایه شده است. در این تحقیق، بیشترین میزان هزینه‌های خارجی و اجتماعی مربوط به خودروهای شخصی فقط بنزین سوز با مقدار $10^{16} \times 1/6$ و $10^{16} \times 6/9$ ریال در سال می‌باشد و خودروهای شخصی دوگانه‌سوز با سوخت CNG دارای کمترین هزینه‌های خارجی و اجتماعی به ترتیب با مقدار $10^{14} \times 2/7$ و $10^{15} \times 1/1$ می‌باشد.

• ارزیابی اقتصادی گازسوز کردن خودروها

بر اساس جدول (۵)، استفاده از CNG دارای صرفه اقتصادی از هر دو دیدگاه دولت و مالک خودرو می‌باشد که بر اساس سناریوهای موجود این صرفه‌جویی‌ها به ترتیب در حال افزایش

جدول (۲): میزان تولید گازهای گلخانه‌ای معادل CO₂ در

سناریوهای مختلف در شهر زنجان - سال ۱۳۸۹

آلاینده (تن CO ₂ در سال)					نوع سوخت	نوع خودرو
سناریوی چهارم	سناریوی سوم	سناریوی دوم	سناریوی اول	سناریوی مرجع		
$9/4 \times 10^8$	$2/3 \times 10^9$	$4/7 \times 10^9$	$7/1 \times 10^9$	$9/4 \times 10^9$	بنزین	تاکسی (دوگانه سوز)
$1/3 \times 10^{11}$	$1/2 \times 10^{11}$	$1/1 \times 10^{11}$	$1/0.4 \times 10^{11}$	$7/2 \times 10^{10}$	CNG	سواری (دوگانه‌سوز)
$2/8 \times 10^9$	$7/1 \times 10^9$	$1/4 \times 10^{10}$	$2/1 \times 10^{10}$	$2/8 \times 10^{10}$	بنزین	سواری (دوگانه‌سوز)
$6/6 \times 10^{10}$	$6/1 \times 10^{10}$	$5/2 \times 10^{10}$	$4/31 \times 10^{10}$	$3/4 \times 10^9$	CNG	سواری (بنزین سوز)
$2/1 \times 10^9$	$5/2 \times 10^{10}$	$1/0.4 \times 10^{11}$	$1/56 \times 10^{11}$	$2/0.8 \times 10^{11}$	بنزین	

جدول (۳): هزینه‌های خارجی گازهای گلخانه‌ای معادل تن CO₂ در

سناریوهای مختلف در شهر زنجان - سال ۱۳۸۹

مقدار هزینه (ریال در سال)					نوع سوخت	نوع خودرو
سناریوی چهارم	سناریوی سوم	سناریوی دوم	سناریوی اول	سناریوی مرجع		
$7/5 \times 10^{13}$	$1/8 \times 10^{14}$	$3/7 \times 10^{14}$	$5/7 \times 10^{14}$	$7/5 \times 10^{14}$	بنزین	تاکسی
$1/0.4 \times 10^{16}$	$9/6 \times 10^{15}$	$8/8 \times 10^{15}$	$8/3 \times 10^{15}$	$5/7 \times 10^{14}$	CNG	سواری (دوگانه‌سوز)
$2/2 \times 10^{14}$	$5/7 \times 10^{14}$	$1/1 \times 10^{15}$	$1/6 \times 10^{15}$	$2/2 \times 10^{15}$	بنزین	سواری (دوگانه‌سوز)
$5/3 \times 10^{15}$	$4/9 \times 10^{15}$	$4/1 \times 10^{15}$	$3/4 \times 10^{15}$	$2/7 \times 10^{14}$	CNG	سواری (بنزین سوز)
$1/6 \times 10^{14}$	$4/1 \times 10^{15}$	$8/3 \times 10^{15}$	$1/2 \times 10^{16}$	$1/6 \times 10^{16}$	بنزین	

جدول (۴): هزینه‌های اجتماعی گازهای گلخانه‌ای معادل تن CO₂ در سناریوهای مختلف در شهر زنجان - سال ۱۳۸۹

مقدار هزینه (ریال در سال)					نوع سوخت	نوع خودرو
سناریوی چهارم	سناریوی سوم	سناریوی دوم	سناریوی اول	سناریوی مرجع		
$3/1 \times 10^{14}$	$7/7 \times 10^{14}$	$1/5 \times 10^{15}$	$2/31 \times 10^{15}$	$3/1 \times 10^{15}$	بنزین	تاکسی (دوگانه‌سوز)
$4/3 \times 10^{16}$	$4/03 \times 10^{16}$	$3/6 \times 10^{16}$	$3/4 \times 10^{16}$	$2/4 \times 10^{16}$	CNG	سواری (دوگانه‌سوز)
$9/4 \times 10^{14}$	$2/3 \times 10^{15}$	$4/7 \times 10^{15}$	$7/05 \times 10^{15}$	$9/4 \times 10^{16}$	بنزین	سواری (دوگانه‌سوز)
$2/26 \times 10^{16}$	$2/2 \times 10^{16}$	$1/7 \times 10^{16}$	$1/4 \times 10^{16}$	$1/1 \times 10^{15}$	CNG	سواری (بنزین‌سوز)
$7/05 \times 10^{14}$	$1/7 \times 10^{16}$	$3/4 \times 10^{16}$	$5/2 \times 10^{16}$	$6/9 \times 10^{16}$	بنزین	سواری (بنزین‌سوز)

جدول (۵): بررسی اقتصادی گازسوز کردن خودروها با توجه به توان بالقوه استفاده از گاز طبیعی (CNG) (ریال)

سناریوی چهارم	سناریوی سوم	سناریوی دوم	سناریوی اول	بررسی صرفه اقتصادی
$8/2 \times 10^{10}$	$6/8 \times 10^{10}$	$6/2 \times 10^{10}$	$2/2 \times 10^{10}$	از دیدگاه دولت
۸,۸۳۱,۲۶۲,۶۰۰	۷,۳۵۹,۳۸۵,۵۰۰	۴۹۰,۶۲۵,۷۰۰	۲,۴۵۳,۱۲۸,۵۰۰	از دیدگاه مالک خودرو

جدول (۶): نتایج حاصل از میزان اشغال ظرفیت جایگاه‌های CNG در سناریوهای مختلف

میزان اشغال ظرفیت جایگاه‌های CNG	سناریوهای مختلف
۱۷۶۸۷۰۸۵	سناریوی مرجع (وضعیت کنونی)
۲۰۴۷۱۱۶۳/۱۹	سناریوی اول (۲۵٪ افزایش خودروهای CNG)
۴۰۹۴۲۳۲۶/۳۹	سناریوی دوم (۵۰٪ افزایش خودروهای CNG)
۶۱۴۱۳۴۸۹/۵۸	سناریوی سوم (۷۵٪ افزایش خودروهای CNG)
۷۳۶۹۶۱۸۷/۵	سناریوی چهارم (۹۰٪ افزایش خودروهای CNG)

بحث و نتیجه‌گیری

CNG می‌باشد. می‌توان به این نتیجه رسید که میزان گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوخت فسیلی بسیار بالاتر از سوخت CNG می‌باشد که چنین وضعیت مشابهی در مطالعه (عابدی، ۱۳۸۹) گزارش شده است. همچنین، در سناریوهای مختلف تولید گازهای گلخانه‌ای با افزایش میزان خودروهای CNG سوز و کاهش مصرف بنزین افزایش پیدا می‌کند که این خود بیانگر اهمیت بخش حمل و نقل در ایجاد آلودگی محیط‌زیست می‌باشد. ولی اگر به‌جای افزایش میزان خودروهای CNG سوز فقط از خودروهای بنزین‌سوز استفاده شود این میزان بیشتر از مقادیر فوق در سناریوهای آرایه شده می‌شود. از سوی دیگر بررسی هزینه‌های آلودگی گازهای گلخانه‌ای در شهر نشان می‌دهد که بیشترین هزینه‌های خارجی و اجتماعی در

نتایج به‌دست آمده از میزان گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد که بیشترین گازهای گلخانه‌ای تولید شده مربوط به خودروهای شخصی فقط بنزین‌سوز می‌باشد. همچنین، خودروهای عمومی دوگانه‌سوز به علت مصرف بالای سوخت CNG نسبت به بنزین میزان گازهای گلخانه‌ای بیشتری ایجاد می‌کنند، البته با مقایسه نتایج می‌توان فهمید که اگر به جای مقدار سوخت مصرفی CNG از سوخت بنزین استفاده شود، میزان گازهای گلخانه‌ای حاصل از خودروهای عمومی با سوخت بنزین بیشتر خواهد شد. در خودروهای سواری دوگانه‌سوز که از هر دو سوخت به میزان یکسان استفاده می‌کنند، میزان گازهای گلخانه‌ای تولید شده از سوخت بنزین بیشتر از گازهای گلخانه‌ای تولید شده از سوخت

نتایج حاصل از مطالعات نشان می‌دهد که میزان آلودگی ایجاد شده به‌ویژه گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوخت‌های فسیلی (بنزین) بسیار بیشتر از گاز طبیعی فشرده می‌باشد. با توجه به این که میزان مصرف گاز طبیعی فشرده در خودروهای عمومی (تاکسی‌ها)، (حدود ۶ الی ۸ برابر) بیشتر از بنزین می‌باشد در واقع، مصرف گاز بیشتر از راندمان انرژی مصرف بنزین در خودروهای عمومی است. در خودروهای شخصی سواری دوگانه‌سوز که دارای میزان مصرف متعادل از هر دو سوخت می‌باشند، میزان گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت بنزین بالاتر از سوخت CNG می‌باشد. این امر نشان می‌دهد چنانچه سوخت بنزینی بجای گاز طبیعی فشرده مورد استفاده قرار می‌گرفت، به یقین میزان گازهای گلخانه‌ای بیشتر از وضعیت کنونی می‌شد.

میزان هزینه‌های خارجی و اجتماعی گازهای گلخانه‌ای با سوخت بنزین بالاتر از گازهای گلخانه‌ای با سوخت گاز طبیعی فشرده می‌باشد. همچنین، هزینه‌های خارجی و اجتماعی بر اثر کاهش مصرف بنزین کاهش می‌یابد. ولی بر اثر افزایش CNG (بر اساس سناریوها) افزایش می‌یابد. این افزایش، در قیاس با افزایش بنزین کمتر می‌باشد. در هر حال، سوخت CNG دارای صرفه اقتصادی هم از نظر دولت و هم از نظر مالک خودرو می‌باشد. به همین خاطر و موارد فوق، استفاده از خودروهای CNG سوز و سوخت CNG به عنوان سوخت جایگزین بنزین پیشنهاد می‌شود. ولی ظرفیت کنونی جایگاه‌های CNG پاسخگوی نیاز فعلی شهر می‌باشد و با افزایش تعداد خودروهای دوگانه‌سوز بایستی بررسی اقتصادی در احداث و افزایش تعداد جایگاه‌های CNG صورت بگیرد.

یادداشت‌ها

1. Compressed Natural Gas (CNG)
2. Social Costs
3. External Costs
4. Clean Development Mechanism (CDM)
5. Designated Operational Entities (DOE)
6. Global Warming Potential (GWP)

خودروهای شخصی فقط بنزین‌سوز و خودروهای عمومی دوگانه‌سوز به علت پتانسیل بالای مصرف سوخت CNG می‌باشد. در خودروهای سواری دوگانه‌سوز که از هر دو سوخت به میزان یکسان استفاده می‌کنند، هزینه‌های خارجی و اجتماعی سوخت بنزین بیشتر از سوخت CNG می‌باشد. در سناریوهای مختلف با افزایش خودروهای گازسوز میزان استفاده از سوخت CNG افزایش و میزان استفاده از بنزین کاهش می‌کند که این خود سبب افزایش هزینه‌های فوق با سوخت CNG می‌شود. به طور کلی، می‌توان به این نتیجه رسید که میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و هزینه‌های آلودگی اعم از هزینه‌های خارجی و اجتماعی بر اثر مصرف سوخت‌های فسیلی بالاتر از سوخت CNG می‌باشد که برآورد و بررسی این هزینه‌ها را در مطالعات متعددی که توسط (لواسانی و عابدی، ۱۳۸۳؛ صادقی و ترکی، ۱۳۸۷) انجام گرفته‌اند، می‌توان مشاهده و نتیجه‌گیری که میزان هزینه‌های اجتماعی و خارجی در بخش حمل و نقل بویژه حمل و نقل جاده‌ای با مصرف سوخت‌های فسیلی بسیار بالاتر می‌باشد که تصمیم به جایگزینی و استفاده از سوخت‌های پاک مانند CNG دارند.

استفاده از گاز طبیعی فشرده CNG دارای صرفه‌های اقتصادی از دیدگاه دولت و مالک خودرو کاملاً محسوس است. حتی نصب CNG به صورت کارگاهی برای مالک خودرو شاید برای دو سال اول صرفه اقتصادی نداشته باشد. ولی با کاهش هزینه‌های صرف شده برای خرید بنزین، مالک خودرو به نتیجه مثبتی خواهد رسید که مشابه این عمل در مطالعه (ماهوتچی و همکاران، ۱۳۸۷) بیان شده است که کنترل مصرف بی‌رویه سوخت‌های بنزینی و کاهش آلودگی محیط‌زیست را در پی دارند. همچنین، بر اساس نتایج حاصل از میزان اشغال ظرفیت جایگاه‌های CNG در حال حاضر ۱۷۶۸۷۰۸۵ برای ۲۱/۶ درصد خودروهای موجود می‌باشد که پاسخگوی وضعیت حاضر می‌باشد. اگر بر اساس ۴ سناریوی موجود تعداد خودروهای گازسوز افزایش یابد، همین تعداد جایگاه CNG ظرفیت جایگزینی CNG به جای سوخت فسیلی را نخواهد داشت؛ مگر این که تعداد جایگاه‌های CNG را افزایش دهیم که این امر نیازمند بررسی‌های وسیع و برآورد اقتصادی می‌باشد. مانند بررسی‌هایی که توسط (صوفی و عابدی، ۱۳۸۷؛ عتابی و همکارانش، ۱۳۸۷) انجام گرفته است.

فهرست منابع

- اداره راهنمایی و رانندگی استان زنجان. ۱۳۸۹. مرکز آمار و اطلاعات.
- شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران - منطقه زنجان. ۱۳۸۹. مرکز آمار و اطلاعات.
- شرکت ملی گاز استان زنجان. ۱۳۸۹. مرکز آمار و اطلاعات.
- سازمان تاکسیرانی استان زنجان. ۱۳۸۹. مرکز آمار و اطلاعات.
- صادقی، م. و ترکی، م. ۱۳۸۷. بررسی هزینه‌های خارجی تولید برق در ایران، تحقیقات اقتصادی. شماره ۸۲. صص ۱۳۹-۱۲۱.
- صوفی، م؛ عابدی، ز. و عتابی، ف. ۱۳۸۷. امکان‌سنجی اقتصادی جایگزینی CNG به جای بنزین در تاکسی‌های شهر تهران. محیط شناسی. سال سی و چهارم. شماره ۴۷. صص ۵۰-۴۳.
- کاظمی، ر. و عابدی، ز. ۱۳۸۷. بررسی و محاسبه هزینه‌های خارجی حمل و نقل جاده‌ای با تاکید بر حمل و نقل ریلی. انجمن مهندسی حمل و نقل ریلی. شماره ۹. صص ۴۹-۳۸.
- عابدی، ز. و نظیری، م. ۱۳۸۶. بررسی تطبیقی هزینه‌های خارجی در بخش حمل و نقل ریلی و جاده‌ای. انجمن مهندسی حمل و نقل ریلی، شماره ۱۱، صص ۱۸-۱.
- عابدی، ز. ۱۳۸۹. بررسی اثرات حمل و نقل ریلی و جاده‌ای در گرمایش جهانی. انجمن مهندسی حمل و نقل ریلی. شماره ۴۰. صص ۸۹-۸۱.
- عباسپور، م. ۱۳۸۶. انرژی محیط‌زیست و توسعه پایدار. چاپ اول. تهران. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. صص ۳۳۷-۳۲۷.
- عتابی، ف؛ عابدی، ز. اصفهانیان، و. و ماهوتچی، ک. ۱۳۸۷. تحلیل هزینه-منفعت احداث و بهره‌برداری از جایگاه سوخت‌رسانی تک‌منظوره CNG برای بخش خصوصی در شهر تهران. اقتصاد انرژی. سال چهارم. شماره ۱۴. صص ۱۱۹-۹۷.
- لواسانی، ح. و عابدی، ز. ۱۳۸۳. برآورد اقتصادی هزینه خسارات اجتماعی آلاینده‌های هوا به علت عدم آرایه تسهیلات مناسب پارکینگ در شهر تهران. انسان و محیط‌زیست. صص ۲۱-۱۶.
- ماهوتچی، ک؛ عتابی، ف. و عابدی، ز. ۱۳۸۷. اثرات اقتصادی بهره‌برداری و توسعه جایگاه‌های سوخت‌رسانی CNG و خودروهای گازسوز در ابعاد ملی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد محیط‌زیست. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده محیط‌زیست و انرژی. صص ۶۷-۸۴.
- Cristopher Zegra, P. 2010. The clean development mechanism and transportation. *Energy Policy*, Vol 35, pp. 5136-5150.
- Forkenbrock, D. J. 2001. Comparison of external costs of rail and truck freight transportation. *Transportation Research Part A*. 35: 321-337.
- Kumar Sen, A. & Tiwari, G. 2010. Estimating marginal external costs of transport in Dehli. *Transportation Policy*. 17: 27-37.
- Lutken, S. & Holm Olsen, K. 2011. Progressing towards post-2011 carbon markets. *Journal of United Nations Environment Programs*. available online [http://www.unep.org/search. carbon+market pdf].
- Mirasgedis, S.; Diakouiaki, D.; Papagianakis, L. & Zervos C. 2000. Impact of social costing on the Compettiveness of Renewable Energies: the cost of crete. *Energy Policy*. 28: 67-73.

Watkiss, P.; Andoff, D.; Dowing, T.; Hepburn, C.; Hope, C. & Tol, R. 2010. The Social Cost of Carbon. the Department for Environment, Food and Rural Affairs. Available online [[http://social costs of carbon.defra.gov.uk/](http://socialcostsofcarbon.defra.gov.uk/)], pdf.

United Nations Framework Convention of on Climate Change, Clean Development Mechanism -Executive Board. 2010. Basline Methodology for Bus Rapid Transit Project. Version 03. 1.0 . 48pp.

Zhang, Q. U.; Wei, Y. M.; Chen, Y. & Guo, H. 2007. Environmental damage costs from fossil electricity generation in China 2000-2003. Journal of Zhejiang Univ SciA. 11: 1816-1825.