علـوم محـیـطی سال نهم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۱
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.9, No.4, Summer 2012

۱۲-۱

بررسی اثر سامانه اتوبوس تندرو بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در شهر تهران

سعید متصدی زرندی[۱]، مریم علی پور[۲*]، فرامرز معطر[۳]

۱. *دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، دانشکده بهداشت، تهران، ایران.*

۲. *کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم وتحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی.*

۳. *استاد گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم وتحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی.*

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۹

چکیده

یکی از مسائل جهانی آلودگی هوا گرم شدن کره زمین ناشی از پدیده گلخانه‌ای است. گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر مانع بازگشت اشعه‌های فروسرخ از سطح زمین به فضا می‌شوند، به همین علت سبب گرم شدن کره زمین می شوند. حمل و نقل، منشأ اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود. این تحقیق با هدف تعیین میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از اجرای سامانه تندرو(BRT) در تهران در مقایسه با اتوبوس‌های معمولی در سال ۱۳۸۹ انجام شده است. متدلوژی تحقیق بر اساس متد پیشنهادی IPCC و بهره‌گیری از فاکتورهای انتشار جهانی می‌باشد. همچنین با استفاده از آمار اخذ شده از شرکت واحد اتوبوسرانی شهر تهران و سازمان حفاظت محیط‌زیست، میزان انتشارات هر مسافر، انتشارات سامانه اجرا شده، انتشارات خطوط پایه و میزان کاهش انتشار در اثر استفاده از سامانه تندرو(BRT) در تهران در سال ۱۳۸۹ محاسبه شده است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که میزان انتشارات هر مسافر در سامانه تندرو(BRT) در سه خط یک و چهار و هفت به ترتیب برابر با ۱۸۸/۹ و ۱۸۹/۱ و ۲۸۲/۷ (gr/p) است. میزان کل انتشارات سامانه در همین خطوط به ترتیب برابر با $۳/۳\times۱۰^{۱۰}$ و $۰/۳\times۱۰^{۱۰}$ و $۳/۱\times۱۰^{۱۰}$ (tCO_2e) است. انتشارات خطوط پایه یعنی در صورتی که مسافران سامانه بخواهند با اتوبوس‌های معمولی جابجا شوند برابر با $۷/۵\times۱۰^{۱۰}$ و $۱/۴\times۱۰^{۱۰}$ و $۴/۸\times۱۰^{۱۰}$ (tCO_2e) خواهد بود. میزان کاهش انتشار توسط سامانه در این خطوط برابر با $۴/۲\times۱۰^{۱۰}$ و $۱/۱\times۱۰^{۱۰}$ و $۱/۷\times۱۰^{۱۰}$ (tCO_2e) است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که میانگین میزان کاهش انتشارات هر مسافر توسط سامانه تندرو(BRT) در مقایسه با قبل از اجرای سامانه برابر با ۲۹۹/۸ گرم به ازای هر مسافر می‌باشد. همچنین میانگین کل میزان کاهش انتشارات در این رابطه معادل $۲/۳\times۱۰^{۱۰}$ (tCO_2e) بوده است، لذا اتوبوس‌های سریع السیر BRT نقل و انتقالات را سریع و راحت کرده و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را با بالا بردن کیفیت وسیله حمل و نقل مسافران در مقایسه با شرایط بدون سامانه کاهش داده و در مقایسه با سایر سیستم‌ها هم آلودگی کمتری دارد و مقرون به صرفه است.

واژه‌هـای کلیـدی: گازهـای گلخانـه‌ای، سـامانه اتوبـوس تنـدرو، حمـل و نقل عمومی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای.

Impact Survey of the Bus Rapid Transit System on Greenhouse Gas Emissions in Tehran

Saeed motesaddi Zarandi,[1] Maryam Alipour[2*] and Faramarz Moatar[3]

1- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences.

2- MSc. in Environmental Engineering, Department of Environment and Energy, Basic Sciences, Tehran, Islamic Azad University.

3-Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment and Energy, Basic Sciences, Tehran, Islamic Azad University.

Abstract

One of the global issues of air pollution is global warming. Greenhouse gases (GHGs) prevent the Sun's rays from returning back into space from the Earth's surface. Transport is the main source of GHG emissions whereby CO_2, CH_4 and N_2O gases released into the atmosphere from the consumption of fossil fuels by cars. This study has been conducted in Tehran, in 2010, with the aim of determining the quantity of emissions resulting from the implementation of the Bus Rapid Transport (BRT) systems as compared with conventional buses. The research methodology is based on the method of the IPCC and using Global Emission Factors. By employing statistics obtained from the Bus Company in Tehran and the Department of the Environment, emissions per passenger, emissions from the BRT system, baselines emissions, and emission reductions due to the introduction of the BRT system in Tehran, have all been calculated for 2010. The results of this calculation show that emissions per passenger in the BRT System, on Lines 1, 4 and 7, respectively, are 188.9, 189.1 and 282.7 (gr/p). The total amount of the BRT system's emissions in the same lines is, respectively, 3.3×10^{10}, 0.3×10^{10} and (tCO_2 e). Baseline emissions would be 7.5×10^{10}, 3.1×10^{10} (tCO_2 e) if those passengers wish to 1.4×10^{10} and 4.8×10^{10} be transferred by conventional buses. Emission reductions achieved by the BRT system on these lines are 4.2×10^{10} (tCO_2 e). Results have shown that the 1.1×10^{10} and 1.7×10^{10} average emissions reductions per passenger made by the BRT System over the conventional system is 300 grams per passenger. The total average amount of emissions reductions (tCO_2 e), so the BRT system, in addition has been 2.3×10^{10} to raising the quality of the transport, also reduces the level of GHG Emissions compared to the conventional system.

Keywords: Greenhouse gases, Bus Rapid Transit System, Public transport, Reduction in greenhouse gas emissions.

* Corresponding author. *E-mail Address*: maryam_alipour2010@yahoo.com

مقدمه

یکی از مسائل جهانی آلودگی هوا گرم شدن کره زمین ناشی از پدیده گلخانه‌ای است. گازهای گلخانه‌ای۱ در اتمسفر مانع بازگشت اشعه‌های فروسرخ از سطح زمین به فضا می‌شوند، اشعه فروسرخ نمی‌تواند بطور مستقیم از هوا عبور کند بنابراین بخشی از آن به وسیله جریان‌های هوا حمل شده، از ارتفاعات بالایی گازهای گلخانه‌ای به فضا می‌روند. افزایش دما ساده‌ترین راه برای متعادل نگه داشتن آب و هوا و انرژی می‌باشد که تغییرات زیادی در آب و هوا بوجود خواهد آورد (Nabibidhendi et al., 2007). گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از فعالیت‌های انسانی شامل: دی‌اکسیدکربن (CO_2)، متان (CH_4)، نیتروس اکساید(N_2O)، هیدروفلوئوروکربن‌ها (HFCS) ، پرفلوئوروکربن‌ها (PFCS) و سولفور هگزافلوراید (SF_6) می‌باشند(USEPA, 2009). بهترین تخمین‌ها افزایش دمای جهانی را با اطمینان ۹۵ درصد بعد از قرن نوزدهم حدود ۰/۴ تا ۰/۸ و بطور میانگین ۰/۶ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهند. بیشترین میزان افزایش دما بین دوره‌های ۱۹۱۰ و۱۹۴۵ و از ۱۹۷۶ به بعد بوده است (Folland& Karl, 2006) . مدل‌های آب و هوایی برآورد می‌کنند که میانگین دمای جهانی در سال ۲۱۰۰ حدود ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (O'Brien & Leichenko, 2000).در طول ۱۰۰ سال گذشته، میانگین جهانی سطح دریاها ۱۰ تا ۲۵ سانتی متر افزایش یافته است (Rahimi, 2004). حمل و نقل، منشأ اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. انتشار دی اکسید کربن حاصل از وسایل نقلیه و حمل و نقل ۲۵ درصد در سال تخمین زده شده است (Zegras, 2007). این میزان در ایران به ۲۴ درصد در سال ۲۰۰۰ رسیده است (National climate change office 2010). متوسط رشد سالانه انتشار دی اکسیدکربن در بخش حمل و نقل در ده ساله منتهی به سال ۱۳۸۵ برابر ۶/۵۳ درصد است که از رشد سالیانه انتشار این گاز در سطح ملی بیشتر است (Companies to optimize fuel consumption, 2009). بر اساس گزارشات ترازنامه هیدروکربوری کشور در سال ۱۳۸۸، در سال ۱۳۸۷ از احتراق سوخت در کلیه بخش‌ها ۲۸۷/۵ میلیون تن دی اکسیدکربن تولید شده که در سال ۱۳۸۸ این رقم به ۴۸۰/۵ میلیون تن افزایش یافته است و سهم دی اکسیدکربن ناشی از حمل ونقل ۲۳/۴ درصد می‌باشد (Institute for International Energy Studies, 2009). همچنین خودروها بزرگ‌ترین مصرف کننده مواد نفتی در بخش حمل و نقل هستند(IEA, 2010). گازهای CO_2، CH_4، N_2O در اثر مصرف سوخت‌های فسیلی در خودروها منتشر می‌شوند (EPA, 2008). به منظور کاهش و تثبیت غلظت اتمسفری گازهای گلخانه‌ای در جو در جامعه جهانی تمهیداتی مورد بررسی قرار گرفته است از جمله: تدوین کنوانسیون تغییر آب و هوا۲، پروتکل کیوتو، سازوکارها و روش‌های مختلف و گوناگون حذف یا کاهش انتشار این گاز. نهاد IPCC ۳ (مجمع بین الدول در خصوص تغییرآب و هوا) جهت بررسی تغییرات آب و هوا ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای انسان ساخت تشکیل شده است، از نهادهای فعال کنوانسیون سازمان ملل متحد می‌باشد. پروتکل کیوتو شامل سه ساز وکار همکاری بین المللی برای کاهش نشر

گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که عبارتند از: همکاری مشترک، تجارت بین المللی نشر برای اعضای ضمیمه ۱ پروتکل که شامل اغلب کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD)۴ به انضمام کشورهای اروپای مرکزی و شرقی که تعهد دارند میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را بین سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ تا حد سال ۱۹۹۰ پایین بیاورند، می‌باشد و ساز وکار توسعه پاک (CDM)۵ که تبادل منابع مالی و کمک‌های دیگر از یک کشور عضو ضمیمه ۱ به یک کشور در حال توسعه (غیر ضمیمه۱) را در بر دارد (Moharram Nejad, 2006). در بخش حمل و نقل، فناوری‌های جدید می‌توانند کارایی خودروها را افزایش و مقدار انتشار را به ازای هر کیلومتر کاهش دهند. ارائه سیستم‌های ریلی و تندرو و یا اتوبوس‌های ۲۴ ساعته در برخی کشورهای آسیایی راهی را برای کنترل انتشار گشوده است (Timilsina & Shrestha, 2009). استفاده از سوخت‌های حاوی کربن کمتر و استفاده از سوخت‌های جایگزین در زیر بخش‌ها، می‌تواند در کاهش انتشار موثر باشد (Yang et al., 2009). بسیاری از محققان آمریکایی معتقدند که اندازه‌گیری های دقیق و کمی کردن میزان انتشار، برای کنترل انتشار بسیار مفید می‌باشد و این عمل سود اقتصادی نیز به دنبال خواهد داشت (aptastandards, 2009). از دیگر اقدامات می‌توان به معرفی سامانه‌های هوشمند کنترل ترافیک، اصلاح طراحی‌های شبکه حمل و نقل به ویژه در نواحی شهری با حجم زیاد وسایل نقلیه و بخصوص در ساعات اوج تردد و . . . اشاره کرد (UNFCCC, 2010). سامانه اتوبوسرانی تندرو یا BRT۶ عبارتست از نوعی سامانه حمل و نقل خیابانی است که دقت و سرعت سامانهٔ حمل و نقل ریلی و انعطاف‌پذیری حمل و نقل با اتوبوس را همزمان دارا می‌باشد. سیستم BRT، سرعت بیشتر، خدمات‌رسانی بهتر و افزایش اعتماد و راحتی را برای مسافران به همراه دارد. همچنین با تلفیقی از تکنولوژی پیشرفته، زیر بنا و سرمایه‌گذاری قابل بهره‌برداری خدمات بهتری را نسبت به اتوبوس‌های معمولی فراهم می‌کند (FTA, 2006). یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های این سامانه اختصاص یک خط ویژه به آن است که علاوه بر حرکت در مسیر ویژه می‌توانند از تمام خیابان‌های سطح شهر نیز استفاده کنند. مزایای استفاده از اتوبوس‌های پر سرعت سبب شده که استفاده از این سامانه روز به روز در دنیا گسترده‌تر شده و در حال حاضر کشور انگلستان بیشترین تعداد این اتوبوس‌ها را در جهان دارا می‌باشد. کشورهای آلمان و ژاپن نیز تجربه استفاده از این اتوبوس‌ها را دارند. یکی از موفق‌ترین این سیستم‌ها در شهر کوریتیبای برزیل و بوگوتای کلمبیا می‌باشد (Oldtrafficcontrol , 2009). سامانه اتوبوس تندرو BRT یک سیستم حمل نقل عمومی است که نقل و انتقالات را سریع و راحت کرده و هزینه تحرک شهری را کاهش می‌دهد و می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را از طریق:

- افزایش کارایی مصرف سوخت از طریق اتوبوس‌های بزرگ‌تر و جدیدتر
- استفاده از روش جایگزینی به علت فراهم کردن حمل و نقل عمومی جذاب تر و کارآمدتر
- پتانسیل تعویض سوخت به سوخت‌های با کربن کمتر کاهش دهد (UNFCCC, 2010). این سامانه در تهران نیز پیاده‌سازی و در حال اجرا است.

مواد و روش‌ها

متدلوژی تحقیق بر اساس متد پیشنهادی IPCC و بهره‌گیری از فاکتورهای انتشار جهانی می‌باشد. در این راستا جهت دریافت اطلاعات مرتبط علاوه بر مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی وضعیت موجود در ایران و جهان، آمار مورد نیاز از شرکت واحد اتوبوسرانی شهر تهران و سازمان حفاظت از محیط‌زیست جمع‌آوری شده است. در این تحقیق وضعیت موجود سامانه تندرو(BRT)، در خطوط ۱ و۴ و ۷ در سال ۱۳۸۹ و اتوبوس‌های معمولی که در شرایط قبل از شروع سامانه فعالیت می‌کردند مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند. در تحقیق حاضر تعداد مسافران جابجا شده و متوسط سوخت مصرفی توسط هر اتوبوس و کلیه اتوبوس‌ها در خطوط مربوطه، در زمان اجرای سامانه و قبل از شروع سامانه بصورت روزانه و سالیانه محاسبه شده است. لازم به ذکر است که در این تحقیق میزان انتشارات هر مسافر در شرایط سامانه و قبل از شروع سامانه بر پایه میزان مصرف سوخت هر اتوبوس و فاکتورهای انتشار جهانی محاسبه و ارائه شده است. انتشارهای خطوط پایه یعنی انتشاراتی که توسط مسافران سامانه در صورت نبود این سامانه ایجاد شده‌اند برآورد شده است. محاسبه انتشارها مبنی بر مصرف سوخت واقعی اتوبوس‌ها که گازوئیل می‌باشد، انجام شده است. در ادامه میزان انتشارات سامانه محاسبه‌شده و در مرحله آخر میزان کاهش انتشار در سال ۱۳۸۹ بدست آمده است. تعداد روزهای کاری اتوبوس‌ها ۳۲۲ روز در سال می باشد و ملاک عمل قرار گرفته است. با توجه به این که اعداد و ارقام در ساعات پیک و غیر پیک تغییر می‌کنند، میانگین در نظر گرفته شده است.

مسیرهای خطوط مورد بررسی بصورت زیر می‌باشند:

- خط ۱ اتوبوس‌های تندرو از پایانه آزادی تا چهارراه تهران پارس می‌باشد. طول مسیر ۱۹ کیلومتر می‌باشد.
- خط ۴ اتوبوس‌های تندرو از پایانه افشار تا میدان جمهوری می‌باشد. طول مسیر ۱۳/۱ کیلومتر می‌باشد.
- خط ۷ اتوبوس‌های تندرو از پایانه معین تا پایانه تجریش می‌باشد. طول مسیر ۱۸/۳ کیلومتر می‌باشد(Bus Company in Tehran, 2010).

فرمول‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل: (UNFCCC, 2010).

(فرمول۱)

$$EF_{P,z} = \frac{\sum_x [TC_{x,z} \times (EF_{CO_2,x} + EF_{CH_4,x} + EF_{N_2O,x})]}{P_z}$$

$EF_{P,z}$= فاکتور انتشار حمل و نقل مسافر توسط اتوبوس (grams per passenger)

$TC_{x,z}$= کل مصرف سوخت نوع x (Lit)

$EF_{CO_2,X}$= فاکتور انتشار CO_2 برای سوخت نوع x (gCO_2 per litre)

$EF_{CH_4,x}$ = فاکتور انتشار CH_4 برای سوخت نوع x (gCO_2e per litre, based on GWP)

$EF_{N_2O,x}$ = فاکتور انتشار N_2O برای سوخت نوع x (gCO_2e per litre, based on GWP)

P_z = مسافران جابجا شده توسطاتوبوس(Passengers)

(فرمول ۲)

$$BE_y = \sum_z (EF_{P,z,Y} \times P_{z,y})$$

BE_y = انتشارات خطوط پایه در سال Y (tCO_2e)

$EF_{P,z,Y}$ = فاکتور انتشار حمل و نقل هر مسافر در اتوبوس در سال y (grams per passenger)

$P_{z,y}$ = مسافران حمل شده توسط سامانه BRT که در نبود فعالیت سامانه باید از اتوبوس‌های معمولی استفاده کنند (millions of passengers)

(فرمول ۳)

$$PE_y = \sum_x [TG_{pj,x,y} \times (EF_{CO_2,X} + EF_{CH_4,X} + EF_{N_2O,X})]$$

PE_Y = انتشار سامانه در سال Y (tCO_2 e)

$TG_{pj,x,y}$ = کل مصرف سوخت نوع x در سال y توسط سامانه (million litres)

$EF_{CO_2,X}$ = فاکتور انتشار CO_2 برای سوخت نوع x (gCO_2 per litre)

$EF_{CH_4,X}$= فاکتور انتشار CH_4 برای سوخت نوع x (gCO_2e per litre, based on GWP)

$EF_{N_2O,X}$= فاکتور انتشار N_2O برای سوخت نوع x (gCO_2e per litre, based on GWP)

(فرمول۴)

$$ER_y = BE_y - PE_y$$

ER_y = کاهش انتشار در سال Y (tCO_2e)

BE_y = انتشارات خطوط پایه در سال Y (tCO_2e)

PE_y = انتشارهای سامانه در سال Y (tCO_2e)

نکته: CH_4، N_2O با استفاده از فاکتور GWP تبدیل به CO_2e شده‌اند.

پتانسیل گرمایش هر یک از گازهای گلخانه‌ای در جدول ذیل ارائه شده است، که بیشترین پتانسیل به (SF_6) و کمترین به CO_2 تعلق دارد. انتشار سایر گازهای گلخانه‌ای، با استفاده از پتانسیل گرمایش جهانی، تبدیل به دی اکسیدکربن معادل (CO_2e) می‌شود. بنابراین پتانسیل گرمایش زمین مربوط به گاز CO_2 را یک فرض می‌نمایند.

نتایج

بر اساس اطلاعاتی که در رابطه با تعداد اتوبوس‌های هر خط، تعداد نیمراه‌ها، میزان مصرف سوخت و تعداد مسافرین جابجا شده در هر نیمراه توسط هر اتوبوس بطور روزانه اخذ شده، این مقادیر برای کل اتوبوس‌ها در مدت زمان یک سال حساب شده است که در جداول ۱و۲ آورده شده است.

جدول۱- فاکتور انتشار برای سوخت گازوئیل (gCO_2e per litre) (UNFCCC, 2010).

۲۶۶۱	فاکتور انتشار CO_2
۲	فاکتور انتشار CH_4
۲۱	فاکتور انتشار N_2O

جدول۲- پتانسیل گرمایش جهانی هر یک از گازهای گلخانه‌ای مندرج در پروتکل کیوتو (Moharram Nejad, 2006)

گاز گلخانه‌ای	CO_2	CH_4	N_2o	HFC_s	PFC_s	SF_6
پتانسیل گرمایش جهانی	۱	۲۱	۳۱۰	۱۴۰-۱۱۷۰۰	۶۵۰۰-۹۲۰۰	۲۳۹۰۰

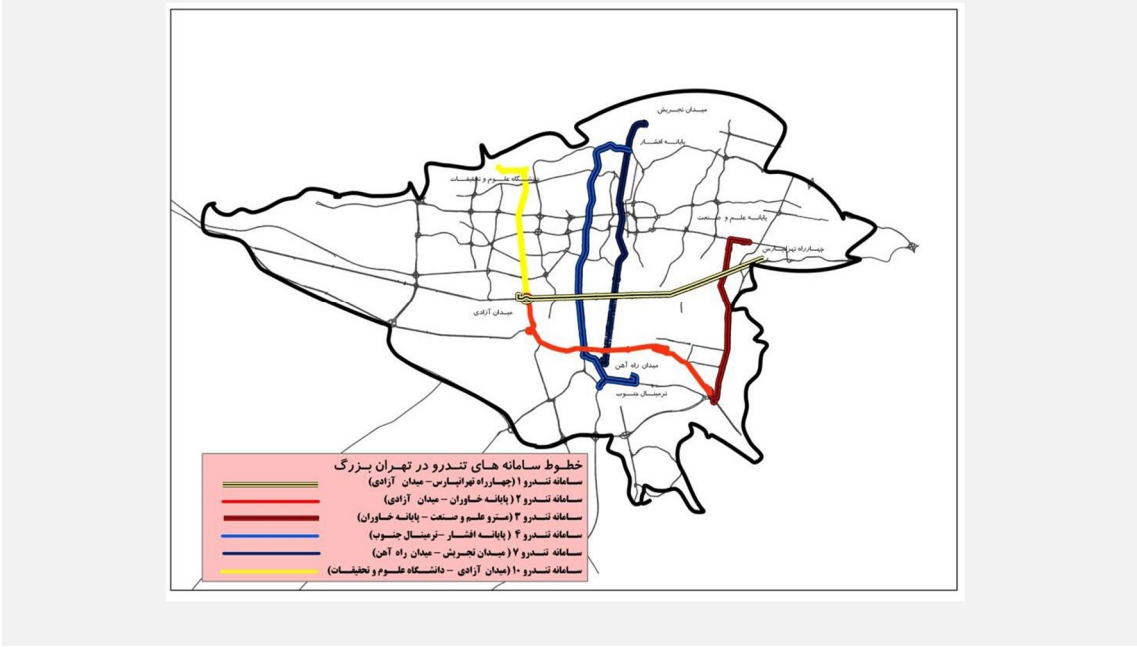
جدول۳- اطلاعات خطوط تندرو
(Bus Company in Tehran, 2010).

عنوان	خط۱	خط۴	خط۷
طول مسیر (کیلومتر)	۱۹	۱۳/۱	۱۸/۳
متوسط تعداد نیمراه طی شده در یک روز توسط یک دستگاه اتوبوس	۱۱	۱۰	۹
متوسط تعداد مسافر جابجا شده در یک نیمراه توسط یک دستگاه اتوبوس	۲۲۶	۱۰۵	۱۱۶
میزان سوخت مصرفی روزانه یک دستگاه اتوبوس (لیتر)	۱۷۵	۷۴	۱۱۰
تعداد اتوبوس‌ها (دستگاه)	۲۲۰	۶۰	۳۳۰

جدول٤- اطلاعات اتوبوس‌ها پیش از شروع سامانه
(Bus Company in Tehran, 2010).

عنوان	خط۱	خط۴	خط۷
متوسط تعداد خطوط	۳۸	۲۷	۲۴
متوسط تعداد نیمراه طی شده در یک روز عادی توسط یک اتوبوس	۱۲- ۱۰	۱۲- ۱۰	۱۲- ۱۰
متوسط تعداد مسافر جابجاشده در یک نیمراه توسط یک اتوبوس	۶۳	۲۱	۶۱
متوسط مصرف سوخت روزانه یک اتوبوس (litre)	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
متوسط تعداد اتوبوس‌ها	۶۳۴	۴۲۵	۳۲۷

همچنین به منظور نمایش بهتر خطوط و ایجاد تصویر مناسبی از خطوط، شکل شماره ۱ اطلاعات این خطوط را نمایش می‌دهد.



شکل۱- نقشه مسیرهای خطوط تندرو شرکت واحد اتوبوسرانی شهر تهران
(Bus Company in Tehran, 2010).

لازم به ذکر است که هر سامانه اتوبوس تندرو (BRT) در خطوط ۱و۴و۷ به ترتیب ۸۰۰۴۹۲ و ۳۳۸۱۰۰ و ۳۳۶۱۶۸ نفر را در سال ۱۳۸۹ جابجا کرده است و قبل از اجرای سامانه هر اتوبوس در همین محدوده به ترتیب ۲۲۳۱۴۶ و ۷۴۳۸۲ و ۲۱۶۰۶۲ نفر را در طول یک سال جابجا کرده است.

میزان انتشارات هر مسافر در شرایط قبل از اجرای سامانه تندرو بسیار بالاتر از میزان انتشارات سامانه بوده است و اجرای این سامانه موجب کاهش میزان انتشارات هر مسافر در شهر تهران شده است.

جدول۵- وضعیت خطوط و مسافر جابجا شده در زمان سامانه و قبل ازاجرای سامانه (یک سال)

	خط۱		خط۴		خط۷	
	BRTسامانه (۲۲۰ دستگاه)	قبل از شروع سامانه (۶۳۴ دستگاه)	BRTسامانه (۶۰ دستگاه)	قبل از شروع سامانه (۴۲۵ دستگاه)	BRTسامانه (۳۳۰ دستگاه)	قبل از شروع سامانه (۳۲۷ دستگاه)
متوسط مسافرین حمل شده توسط کل اتوبوس ها	۱۷۶۱۰۸۲۴۰	۱۴۱۴۷۴۵۶۴	۲۰۲۸۶۰۰۰	۳۱۶۱۲۳۵۰	۱۱۰۹۳۵۴۴۰	۷۰۶۵۲۲۷۴
متوسط سوخت مصرفی کل اتوبوس‌ها (lit/year)	۱۲۳۹۷۰۰۰	۲۲۴۵۶۲۸۰	۱۴۲۹۶۸۰	۸۱۸۲۰۲۰	۱۱۶۸۸۶۰۰	۱۱۵۸۲۳۴۰

جدول٦- میزان انتشارات هر مسافر در شرایط سامانه و قبل از سامانه (gr/p)

	خط ۱		خط ۴		خط ۷	
	سامانه BRT	قبل از سامانه	سامانه BRT	قبل از سامانه	سامانه BRT	قبل از سامانه
$EF_{P,Z}$	۱۸۸/۹	۴۲۶	۱۸۹/۱	۶۹۴	۲۸۲/۷	۴۴۰

جدول۷- میزان انتشارات سامانه و خطوط پایه آن (tCO_2e)

	خط۱ سامانه BRT	خط۴ سامانه BRT	خط۷ سامانه BRT
PE_Y	۳/۳×۱۰^{۱۰}	۰/۳×۱۰^{۱۰}	۳/۱×۱۰^{۱۰}
BE_Y	۷/۵×۱۰^{۱۰}	۱/۴×۱۰^{۱۰}	۴/۸×۱۰^{۱۰}

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، در صورتی که مسافران سامانه تندرو بخواهند با اتوبوس‌های معمولی جابجا شوند، میزان انتشارات آن‌ها به حدود دو برابر میزان انتشارات فعلی آن‌ها می‌رسد.

جدول۸- میزان کاهش انتشار در اثر سامانه (tCO_2e)

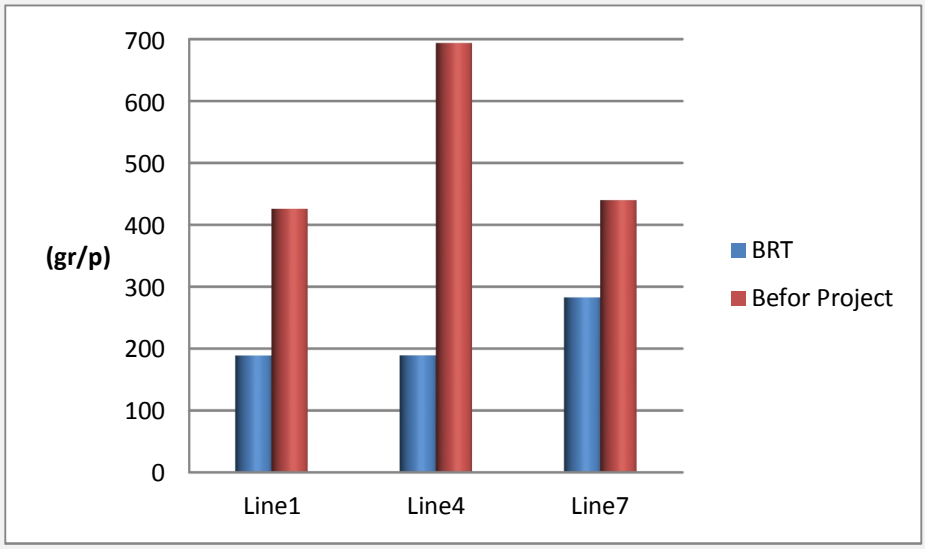
	خط ۱ سامانه BRT	خط ۴ سامانه BRT	خط ۷ سامانه BRT
ER_Y	۴/۲×۱۰^{۱۰}	۱/۱×۱۰^{۱۰}	۱/۷×۱۰^{۱۰}

میزان کاهش انتشارات در سامانه تندرو نمایانگر میزان موفقیت این سامانه در شهر تهران می‌باشد و بیشترین میزان کاهش به خط یک سامانه BRT تعلق دارد.

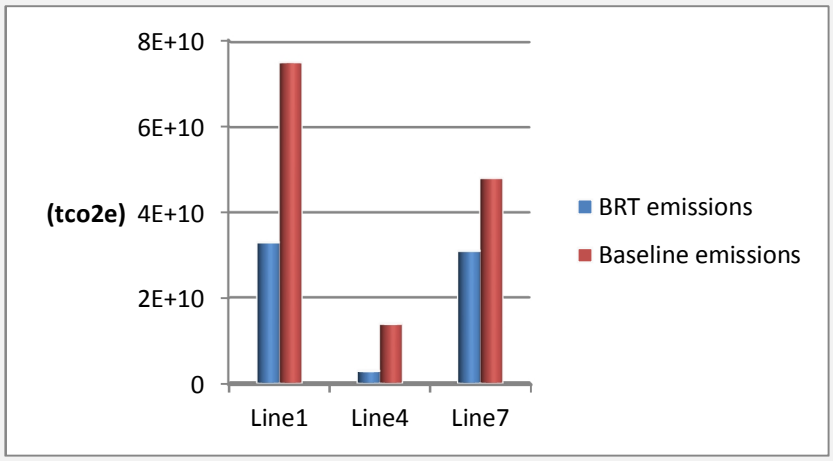
بحث

نتایج محاسبات نشان می‌دهد که تعداد مسافران جابجا شده در طول سال ۱۳۸۹ توسط سامانه تندرو(BRT) در خطوط ۱و۴و۷ به ترتیب برابر با ۱۷۶۱۰۸۲۴۰ و ۲۰۲۸۶۰۰۰ و ۱۱۰۹۳۵۴۴۰ نفر می‌باشد که بیشترین تعداد مسافر به خط یک اختصاص دارد و میزان مصرف سوخت توسط سامانه درهمین خطوط برابر با ۱۲۳۹۷۰۰۰ و ۱۴۲۹۶۸۰ و ۱۱۶۸۸۶۰۰ (lit/year) می‌باشد. میزان انتشارات هر مسافر در سامانه در این سه خط به ترتیب برابر با ۱۸۸/۹ و ۱۸۹/۱ و ۲۸۲/۷ (gr/p) و در شرایط قبل از اجرای سامانه در همین خطوط به ترتیب برابر با ۴۲۶ و۶۹۴ و ۴۴۰ (gr/p) است.

میزان انتشارات سامانه در همین خطوط به ترتیب برابر با ۳/۳×۱۰^{۱۰} و ۰/۳×۱۰^{۱۰} و ۳/۱×۱۰^{۱۰} (tCO_2e) است. انتشارات خطوط پایه یعنی در صورتی که مسافران سامانه تندرو(BRT) بخواهند با اتوبوس‌های معمولی جابجا شوند برابر با ۷/۵×۱۰^{۱۰} و ۱/۴×۱۰^{۱۰} و ۴/۸×۱۰^{۱۰} (tCO_2e) خواهد بود.

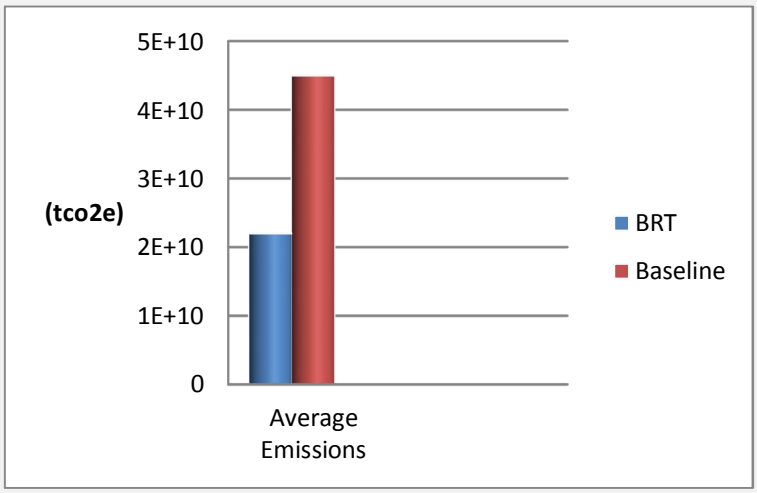


شکل۲- مقایسه میزان انتشارات هر مسافر در شرایط سامانه و قبل از اجرای سامانه



شکل۳- مقایسه میزان انتشارات سامانه تندرو(BRT) و خطوط پایه آن

میزان کاهش انتشار توسط سامانه در این خطوط برابر با $۴/۲\times۱۰^{۱۰}$ و $۱/۱\times۱۰^{۱۰}$ و $۱/۷\times۱۰^{۱۰}$ (tCO_2e) می‌باشد که در جداول مربوطه آمده است. در رابطه با انتشارات هر مسافر، کمترین مقادیر به سامانه تندرو(BRT) تعلق دارد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که میانگین تعداد مسافر جابجا شده توسط سامانه برابر با ۱۰۲۴۴۳۲۲۷ نفر می‌باشد. میانگین انتشارات هر مسافر توسط سامانه در سه خط برابر با ۲۲۰ (grams per passengers) می‌باشد. میانگین انتشارات سامانه تندرو(BRT) و خطوط پایه مربوط به آن در سه خط برابر با $۲/۲\times۱۰^{۱۰}$ و $۴/۵\times۱۰^{۱۰}$ (tCO_2e) است. میانگین کاهش انتشار توسط سامانه برابر با $۲/۳\times۱۰^{۱۰}$ (tCO_2e) می‌باشد.



شکل٤- میانگین انتشارات سامانه تندرو(BRT) و خطوط پایه آن

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند، میزان انتشارات سامانه از خطوط پایه مربوطه کمتر است و این نشان‌دهنده این است که اجرای سامانه تندرو(BRT) با موفقیت همراه بوده است و اگر مسافران سیستم BRT بخواهند با اتوبوس‌های معمولی سفر کنند، علاوه بر مشکلات مربوط به ترافیک و عدم وجود ایمنی و راحتی کافی و ... ، آلودگی بیشتری تولید می‌کنند، لذا سامانه تندرو(BRT) در مقایسه با اتوبوس‌های معمولی آلودگی کمتری ایجاد کرده و بسیار مقرون به صرفه است. مطالعات مشابهی در شهر Chongqing واقع در کشور چین انجام شده است و خطوط ۴-۱ سامانه تندرو(BRT) مورد بررسی قرار گرفته است. میزان انتشارات سامانه و انتشارات خطوط پایه (بر مبنای تعداد مسافران سامانه که با دیگر وسایل حمل و نقل عمومی خیابانی سفر می‌کنند) در شرایط یکسان محاسبه شده است. سوخت مصرفی اتوبوس‌ها CNG یا اتوبوس‌های دوگانه سوز بوده است. نتایج حاصل از محاسبات نشان داده است که میزان انتشارات سامانه و میزان انتشارات خطوط پایه به ترتیب برابر با ۳۵۴۷۷ و ۷۵۰۳۴ (tCO_2e) بوده است و میزان کاهش انتشارات بطور کلی ۳۹۵۵۸ (tCO_2e) بوده است(UNFCCC, CDM, PDD, 2006). نتایج تحقیق نشان می‌دهد که سامانه BRT مسافران بیشتری را جابجا کرده است و با توجه به جابجایی مسافر بیشتر، میزان سوخت مصرفی آن‌ها کمتر از اتوبوس‌های معمولی می‌باشد و در نتیجه آلایندگی کمتری دارند و در صورتی که CNG مصرف کنند میزان انتشارات بسیار پایین‌تر خواهد بود و می‌توان از طریق گازهای گلخانه‌ای کمتر و انتشارات دیگر بخصوص ذرات ریز، NO_X و SO_2 به محیطی سالم‌تر دست یافت. اتوبوس سریع السیر BRT نقل و انتقالات را سریع و راحت کرده و با مزایایی از جمله: کاهش زمان انتظار در ایستگاه‌ها، ایمنی وامنیت بدلیل طراحی خاص ایستگاه‌ها، اطلاع‌رسانی دقیق به مسافران در ایستگاه و اتوبوس و تخصیص هوشمندانه اتوبوس‌ها به مسیرها که باعث کاهش ازدحام مسافران در ایستگاه‌ها می‌شود و... می‌تواند استفاده‌کنندگان از ماشین شخصی و تاکسی را که انتشارات بیشتری دارند، جذب کند تا حمل و نقل عمومی را تغییر دهد. تحقیق پیش رو نشان می‌دهد سامانه BRT در هر سفر انتشارهای گازهای گلخانه‌ای را با بالا بردن کیفیت وسیله حمل و نقل مسافران در مقایسه با شرایط بدون پروژه کاهش داده و در مقایسه با سایر سیستم‌ها هم آلودگی کمتری دارد و مقرون به صرفه است.

بنابراین پیشنهاد می‌شود موارد زیر به منظور ارتقای کیفیت محیط و هم جهت با تلاش‌های بین‌المللی و کمک به حفظ سلامت شهروندان به مرحله اجرا در آیند:

۱.تقویت ناوگان خطوط BRT

۲.توسعه و رشد مدیریت ناوگان برای افزایش ضریب بار وسایل نقلیه

۳.استفاده از سوخت‌های حاوی کربن کمتر و استفاده از سوخت‌های جایگزین

۴. فرهنگ‌سازی در مورد استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی بجای استفاده از اتومبیل شخصی

۵. بالا بردن هزینه سفر با استفاده از اتومبیل‌های شخصی مثل: عوارض، مالیات بنزین، جریمه پارکینگ، محدوده‌بندی ترافیکی و ...

پی‌نوشت‌ها

1- Greenhouse Gases(GHG_s)

2- United Nations Framework Convention on Climate Change(UNFCCC)

3- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

4- Organization for Economic Cooperation and Development(OECD)

5- Clean Development Mechanism(CDM)

6- BUS RAPID TRANSIT(BRT)

منابع

American Public Transportation Association (2009). Quantifying Greenhouse Gas. Emissions from Transit. Climate Change Standard Working Group, SUDS Policy and Planning Committee. Available at: www.aptastandards.com.

Bus Company in Tehran, Archival Information and Relevant Statistics for (2010).

BUS RAPID TRANSIT System Projects in Tehran (2011). Available at: http://www. Oldtrafficcontrol.tehran.ir.

Companies to Optimize Fuel Consumption (2009). Transport and Energy inform the Country in 2006, Tehran: Lohnegar publications.

Folland, C.K. and T.R. Karl (2006). Observed Climate Variability and Change. http://www. grida.no/ climate/ IPCC_TAR/WG1/ pdf/ TAR-02.pdf.

IEA (2010). CO_2 Emissions from Fuel Combustion, highlits. www.iea.org/ CO_2 highlits/ CO_2 highlits.

Institute for International Energy Studies (2009). Hydrocarbon Balance Sheet.

Moharram Nejad, N. (2006). Environmental Planning and Management. Tehran: Moharram Nejad.

Nabi Bid Hendi, G., S. Mohammad Nejad, and F. Ebadati (2007). Concepts and Consequences of Climate Change with an Overview of the Kyoto Protocol. Tehran: Tehran University Press.

National Climate Change Office (2010). Iran Second National Communication to UNFCC, December 2010, Department of Environment.

O'Brien, K.L. and R.M. Leichenko (2000). Double Exposure: Assessing the Impacts of Climate Change within the Context of Economic Globalization Global. Environmental Change, 10: 221-232.

Rahimi, N. (2004). Climate Change and its Environmental Impact. Tehran: Akhavan Publishing.

Timilsina, G.R. and A. Shrestha (2009). Transport sector CO2 Emissions Growth in Asia: Underlying factors and policy options. Energy Policy, 37: 4523-4539.

UNFCCC (2006). Project Design Document from (CDM/ PDD) - Version 03.1., Clean Development Mechanism - in Effect as of: 28 July 2006. Available at: http://www.cdm. UNFCCC.int/Baseline Methodologies for Bus Rapid Transit Progect.

UNFCCC (2007). Approved Baseline and Monitoring Methodology AM0031, AM0031/ Version 03.1.0, Sectoral Scope: 07 EB 58. Baseline Methodology for Bus Rapid Transit Projects. Available at: http://www.cdm. UNFCCC.int/Baseline Methodologies for Bus Rapid Transit Progect.

United States Department of Transportation, Federal Transit Administration (2006). Research, Technical Assistance & Traning.

USEPA (2008). Climate Leaders, Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance. Direct Emissions from Mobile Combustion Sources. Available at: www.e

pa.gov/Climate Leaders Office of Air and Radiation.

USEPA (2009). Endangerment and Cause or Contribute Findings for Greenhouse Gases under Section 202(a) of the Clean Air Act. Available at: www.epa.gov/climatechange/index.html.

Yang, C., D. McCollum , R. McCarthy and W. Leighty (2009). Meeting an 80% Reduction in Greenhouse Gas Emissions from Transportation by 2050: A Case Study in California. Transportation Research Part D, 14: 147–156.

Zegras, P.C. (2007). As if Kyoto Mattered: The Clean Development Mechanism and Transportation. Energy Policy, 35: 5136–5150.