فصلنامه علوم محیطی، دوره سیزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴

۱۲۵-۱۳۰

تخمین غلظت آلاینده‌های هوا در پایانه‌های مسافری شهری

مریم معجری[۱*]، مجید شفیع پور مطلق[۲] و علیرضا پرداختی[۲]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران
[۲] استادیار گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۶

چکیده

با گسترش شهرها و نیاز به وسایل حمل و نقل عمومی، تجمع و تردد تعداد زیادی از وسایل نقلیه در پایانه‌های مسافری، این مکان به یکی از منابع آلودگی هوا در سطح شهر تبدیل شده است. در این مقاله تخمین غلظت و نحوه پراکنش آلاینده‌های هوا در پایانه مسافری بیهقی در شهر تهران با روش مدل‌سازی ارایه شده است. ابتدا با جمع‌آوری آمار و اطلاعات پایه مربوط به خودروها، تردد و زمان حضور در پایانه‌ها، میزان انتشار آلاینده‌های CO، NOx، SOx و PM10 توسط مدل IVE استخراج گردید. میزان انتشار آلاینده‌های هوای به دست آمده از مدل IVE، به عنوان داده‌های ورودی مدل BREEZE AERMOD جهت تخمین غلظت آلاینده‌های هوای محیطی مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت غلظت آلاینده‌های هوای محیطی و نحوه پراکنش آن‌ها در محدوده پایانه با استفاده از داده‌های انتشار، پارامترهای هواشناسی و سایر اطلاعات مورد نیاز تخمین زده شد. از نتایج خروجی مدل AERMODدر این پایانه، غلظت متوسط آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن برابر ppb ۱۷۶/۶۲، ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون برابر µg/m3 ۷۵/۹۵ ، منواکسید کربن ppm ۲/۰۳ و اکسیدهای گوگرد برابر ppb ۲۹/۵۱ حاصل گردید.

کلمات‌کلیدی: پایانه مسافری، آلودگی هوا، مدل IVE، مدل AERMOD.

Estimating Air Pollution Concentrations in a City Bus Terminal

Maryam Mejari,[1*] Majid Shafie-Pour[2] & Alireza Pardakhti[2]

[1]MSc. in Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran
[2]Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran

Abstract

Due to the expansion of cities, public transportation networks cause the accumulation of a large number of vehicles in city bus terminals and, so, bus terminals have the potential to be a source of urban air pollution. In this paper, the results of estimating the concentration of air pollutants in Beihaghi passenger terminal in Tehran by modeling are presented. Air pollution emissions of CO, NOx, SOx and PM10 are estimated using the IVE model with the use of basic information on vehicles, traffic and their presence in terminals. In order to estimate air pollution concentrations, input data of the BREEZE AERMOD model were produced from the results of IVE model emission results. The emission results of the IVE model and other required information, such as meteorological parameters and concentrations of air pollutants, have been estimated. Results of the AERMOD model pollutants give a mean concentration for Nitrogen Oxides at 176.62, particulate matter of less than 10 microns is 79.95 µg/m3, carbon monoxide is 2.03 ppm and sulfur oxide is 29.51 ppb.

Keywords: City Bus Terminal, Air Pollution, IVE Model, BREEZE Model.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: m_mejari@yahoo.com

۱- مقدمه

وسایل نقلیه عمومی نه تنها موجب کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی می‌گردد، بلکه کاهش ترافیک و آلودگی هوا را به همراه خواهد داشت. پایانه‌های اتوبوس‌رانی نقش به‌سزایی در ساماندهی حمل و نقل شهری و بین شهری ایفا می‌نمایند. با این حال، خود پایانه پتانسیل تبدیل شدن به منابع آلودگی هوا را دارا می‌باشد. لذا نیاز به مطالعه و بررسی آلودگی هوا در پایانه‌های اتوبوسرانی از نظر تاثیر بر آلودگی هوای منطقه، سلامتی کارکنان، رانندگان و مسافران دیده می‌شود.

با مدل‌سازی ریاضی به راحتی می توان به ارزیابی وضعیت این پایانه‌ها و تخمین آلاینده‌های منتشره از خودروها پرداخت و غلظت این آلاینده‌ها را به دست آورد. به وسیله جایگزینی مدل‌سازی با روش‌های نمونه برداری و اندازه‌گیری می‌توان با سرعت بیشتر و هزینه کم‌تر به بررسی وضعیت موجود پرداخت و موقعیت آینده را پیش‌بینی نمود. در صورت نیاز لازم است به بررسی دقیق‌تر موضوع و انجام نمونه‌برداری و آزمایش پرداخت. بدین منظور در این پژوهش غلظت آلاینده‌های هوا در پایانه بیهقی واقع در شمال شرق تهران بررسی می‌شود.

از جمله پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، «بررسی آلودگی هوای ناشی از پایانه‌های مسافربری در بافت شهری اطراف آن» به روش نمونه‌برداری مستقیم میزان غلظت آلاینده‌ها است[۱]. از دیگر پژوهش‌های انجام شده، «انتشار از خودروهای مسافری، خودرو باری سبک و خودرو باری سنگین با کارکرد درجا» در آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده می‌باشد که با استفاده از ضرایب انتشار، میزان انتشار آلاینده‌های هوا درحالی که خودروها با موتور روشن متوقف هستند، تخمین زده شده است[۲]. در پژوهش پیش رو تخمین میزان انتشار آلاینده‌های هوا و تعیین غلظت پارامترها در محیط، صرفا با استفاده از روش مدل‌سازی، بدون استفاده از نمونه‌برداری محیطی انجام می‌شود. فرآیند مدل‌سازی با استفاده از دو مدل ریاضی IVE و BREEZE AERMOD به تخمین غلظت آلاینده‌ها در هوای پایانه و اثر این پارامترها بر وضعیت آلودگی هوای منطقه می‌پردازد.

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش جهت برآورد انتشار آلاینده‌های هوا از مدل[1] IVE استفاده شده‌است. این مدل با استفاده از سطح تکنولوژی خودروهای محلی و توزیع آن‌ها، عوامل رانندگی بر اساس توان خودروها، زمان استارت سرد و پارامترهای هواشناسی به تخمین مشخصی از انتشار می‌پردازد[۳]. این مدل برای سناریو های متفاوت برای انواع تکنولوژی، نوع سوخت و نحوه تعمیر و نگه داری، الگوهای رانندگی و اثر روش‌های متفاوت کنترل آلودگی طراحی شده است[۴].

اطلاعات اولیه با مراجعه به پایانه بیهقی، با گردآوری اطلاعات موجود پایانه، آمارگیری از طریق مشاهده و استفاده از پرسش‌نامه در ساعات مختلف، جمع‌آوری شده و ورودی‌های مدل IVE تهیه گردید. ابتدا داده‌های ورودی مدل از جمله نوع خودرو، سوخت مصرفی، روش کنترل آلاینده‌های هوا و کیلومتر کارکرد را برای هر دسته از اتوبوس‌ها وارد نموده و درصد وزنی آن‌ها (تعداد خودروهای مشابه به کل خودروها) تعیین گردید. پس از وارد نمودن داده‌های مربوط به خودروها در مدل، داده‌های مربوط به زمان، اطلاعات جغرافیایی، اطلاعات هواشناسی و نوع سوخت تهیه گردید[۶]. پایانه و پارک سوار بیهقی در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۳۳۸ متر از سطح دریا در شمال شرق کلان تهران واقع شده‌است. داده‌های هواشناسی مورد نیاز مدل از جمله سرعت باد، جهت باد، دمای هوا، شار گرما و زبری سطح و ضریب آلبدو در دوره یک ساله ۱۳۹۱ با استفاده از آرشیو ARL تهیه گردید[۸].

اطلاعات ورودی مدل IVE در بخش Location با توجه به ماهیت پایانه، که بیشترین انتشار در زمان استارت سرد خودرو و توقف با موتور روشن است، در مدل تعریف شده‌است. در این مدل شرایط نسبی همسان حرکت خودروها و محدودیت ابعاد پایانه، جا به جایی خودروها به طور متوسط ۱ کیلومتر در یک ساعت خواهد بود و VSP[2] یکسان تعریف شده است. لیکن تفاوت اساسی در بخش پراکنش زمان شناوری[1] مدل است که با استفاده از نتایج آمارگیری زمان توقف انواع اتوبوس‌های شهری و بین شهری در پایانه مطابق جدول ۱ تعیین شده است. در این مدل‌سازی کلیه محاسبات برای یک ساعت از تردد و توقف متوسط خودروها در پایانه صورت گرفته است.

جدول ۱- درصد پراکندگی زمان شناوری در مدل IVE

زمان شناوری	۳۰ دقیقه	۱ ساعت	۲ ساعت	۴ ساعت	۶ ساعت
درصد پراکندگی	٪ ۲۷	٪ ۵۵	٪۷	٪۷	٪۴

در جدول فوق مشاهده می‌شود بیشترین زمان شناوری ۱ ساعت با درصد پراکندگی ۵۵ درصد است که نیمی از توقف‌ها در پایانه را شامل می‌شود. در مدل سوخت گازوییل مورد استفاده بر اساس تعاریف مدل با ترکیبات متوسط از پیش مخلوط شده، دارای گوگرد، سرب کم و بنزن متوسط در نظر گرفته شده است. ضریب A/C بر اساس نیاز به استفاده از سیستم تهویه به طور متوسط ۲۵/۳ تعریف شده است.

پس از وارد نمودن کلیه داده‌های ورودی مدل IVE، به آنالیز داده‌ها و تخمین انتشار آلاینده‌های هوا پرداخته شد و اطلاعات انتشار آلاینده‌های NO_x، PM_{10}، CO و SO_x در دوره زمانی یک ساعته برآیند کلیه خودروهای پایانه بر حسب وزن آلاینده‌ها به دست آمد. با توجه به تردد خودروها در پایانه و تعداد آن‌ها در ساعات مختلف روز، برآورد میزان متوسط انتشار آلاینده‌های هوا با واحد گرم بر ساعت تعیین گردید.

پس از برآورد میزان انتشار آلاینده‌ها، نحوه پخش و پراکنش آلاینده‌های هوا در محوطه پایانه و تخمین غلظت آلاینده‌های هوا با استفاده از مدل BREEZE AERMOD صورت گرفت. این مدل قابلیت برآورد غلظت انتشار با وارد کردن منبع انتشار، ساختمان، گیرنده و یا داده‌های زمین را دارا می‌باشد. قابلیت گرافیکی این نرم‌افزار را قادر می‌سازد تا داده‌های خروجی را به صورت سریع و قابل اعتماد ارایه دهد[۵]. از پارامترهای ورودی این مدل، میزان انتشار آلاینده‌ها، محل قرار گیری منابع، پارامترهای هواشناسی و وضعیت جغرافیایی می‌باشد.

با استفاده از نرم افزار Google Earth و تهیه نقشه شماتیک از پایانه به تعیین مختصات منابع در سایت و تعیین محل منابع آلوده کننده هوای پایانه پرداخته شده‌است. در مدل AERMOD منابع پایانه به صورت یک سطح که آلاینده‌های هوا به طور یکنواخت در آن پخش می‌گردد در نظر گرفته شده‌است. در این روش مختصات و انتشار سه منبع سطحی (شامل خطوط اتوبوس‌های شهری، خطوط اتوبوس‌های بین شهری و پارکینگ اتوبوس‌های بین شهری) در پایانه نیاز است. با توجه به غلظت آلاینده‌ها در منابع سطحی که واحد گرم بر ثانیه در مترمربع است، داده‌های انتشار حاصل از خروجی مدل IVE با واحد گرم در ساعت نسبت به مجموع مساحت سه منبع برابر با ۱۶۸۸۰ متر مربع و در هر ثانیه محاسبه گردید. در نهایت میزان انتشار آلاینده‌ها از هر سطح با استفاده از مختصات جغرافیایی تعریف گردید.

در نهایت محدوه قرارگیری پایانه، نقاط مورد نیاز جهت تعیین داده‌های خروجی و نحوه آنالیز تعیین شد. ارتفاع در نظر گرفته شده جهت تخمین غلظت آلاینده‌ها، ۲ متر از سطح زمین است که میانگین ارتفاع استنشاق آلاینده‌ها برای مسافران و رانندگان در اتوبوس‌ها و افراد در محوطه پایانه می‌باشد. سپس پارامترهای مورد نیاز خروجی تعیین و دوره زمانی آن مشخص گردید. پس از تکمیل کلیه داده‌های ورودی و با اجرا کردن مدل، غلظت آلاینده‌های هوا بر اساس داده‌های انتشار، برآورد شد.

جهت تخمین دقیق‌تری از غلظت آلاینده‌های هوا تعیین غلظت‌های زمینه مورد نیاز می‌باشد. بدین منظور اطلاعات ایستگاه‌های پایش آنلاین کیفیت هوا در سال ۱۳۹۱ در اطراف پایانه بیهقی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با توجه به موقعیت قرارگیری پایانه و غلظت آلاینده‌های هوای ایستگاه ژئوفیزیک واقع در غرب پایانه جهت باد غالب مورد استفاده قرار گرفت. ایستگاه ژئوفیزیک به صورت پایش آنلاین بوده و غلظت آلاینده‌ها در هر ساعت موجود می‌باشد. به همین دلیل از روش میانگین‌گیری داده‌ها در یک سال استفاده گردید. در نهایت غلظت زمینه تعیین و در نتایج مدل‌سازی لحاظ شد، به طوری که پس از تخمین غلظت پارامترها با استفاده از داده‌های انتشار در نقاط مورد نظر، غلظت هر نقطه به علاوه غلظت زمینه برابر غلظت واقعی پارامترها در محیط خواهد بود.

۳- نتایج و بحث

مقادیر انتشار به دست آمده از مدلIVE، برآیند انتشار حاصل از کلیه خودروهای تعریف شده در مدل است. با توجه به تعداد متوسط اتوبوس‌ها در پایانه در روز، مقادیر انتشار آلاینده‌های هوای در پایانه بیهقی مطابق جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- میزان انتشار آلاینده‌های هوا در پایانه بیهقی

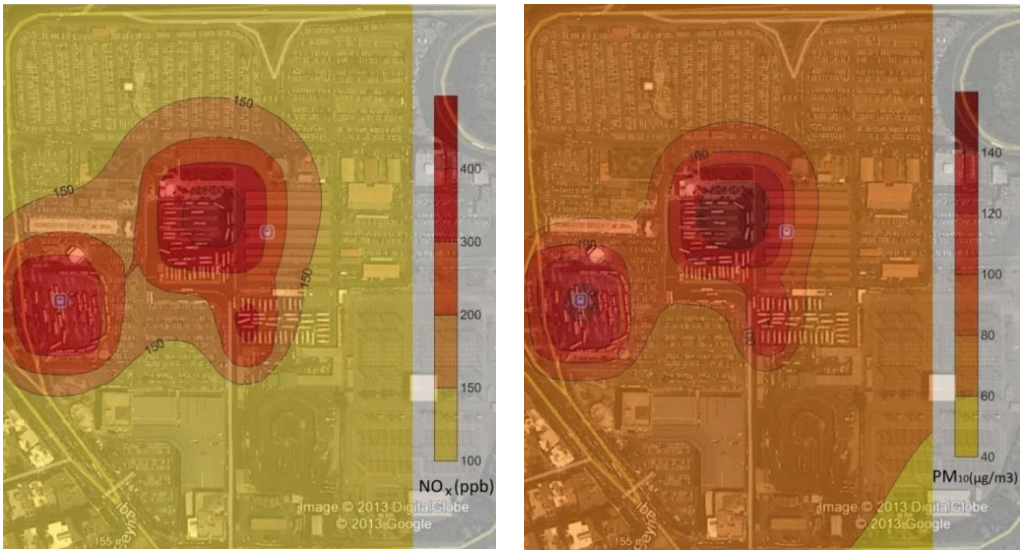
	واحد	SO_x	CO	PM_{10}	NO_x
میزان انتشار معادل هر اتوبوس	Kg/day	۰/۰۰۳	۰/۸	۰/۵	۳/۴۸
میزان کل انتشاراتوبوس‌ها در روز	Kg/day	۰/۱	۲۷/۷۲	۱۷/۳۲	۱۲۱/۷

با تعریف مختصات جغرافیایی نقاط در مدل AERMOD، غلظت آلاینده‌ها در پایانه در نقاط متفاوت تخمین زده شده‌است. بیشترین غلظت انتشار آلاینده‌های هوا، ذرات معلق و اکسیدهای نیتروژن در محل مسافرگیری اتوبوس‌ها در دو قسمت مسافربری شهری و بین شهری

می‌باشد. برای آلاینده‌های منواکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد این وضعیت متفاوت است. با توجه به میزان انتشار این آلاینده‌ها توسط اتوبوس‌ها اثر چندانی بر افزایش غلظت آن‌ها در پایانه مشاهده نمی‌شود. به طور کلی غلظت‌های حداکثر، متوسط و میانگین آلاینده‌های هوا در محدوده پایانه بیهقی مطابق جدول ۳ می‌باشد. نحوه پخش و پراکنش دو آلاینده ذرات معلق و اکسیدهای نیتروژن در محدوده پایانه که بیشترین اثر بر محیط را دارند، در شکل ۱ آمده است.

جدول ۳- غلظت آلاینده‌های هوای تخمین زده شده در پایانه بیهقی

آلاینده	SO_x (ppb)	CO (ppm)	PM_{10} ($\mu g/m^3$)	NO_x (ppb)
غلظت حداکثر	۲۹/۶۷	۲/۱۵	۱۶۹/۹۶	۴۸۹/۲۴
غلظت حداقل	۲۹/۴۷	۲/۰۰	۶۰/۵۷	۱۰۷/۳۸
غلظت متوسط	۲۹/۵۱	۲/۰۳	۷۹/۹۵	۱۷۶/۶۲
غلظت زمینه	۲۹/۴۷	۲	۵۸/۸۶	۱۰۱/۲۵



شکل ۱- نحوه پخش و پراکنش آلاینده‌های هوا در پایانه بیهقی

در شکل فوق مشاهده می‌گردد بیشترین غلظت ذرات معلق و اکسیدهای ازت، در محوطه ایستگاه اتوبوس‌های بین شهری در شمال پایانه است. هم‌چنین در قسمت غربی پایانه، غلظت آلاینده‌ها نسبتا بیش از سایر نقاط است. مشاهده می‌شود فاصله گرفتن از منابع موجب تقلیل غلظت آلاینده‌ها شده است. به طور کلی پخش و پراکنش آلاینده‌های هوا تحت تاثیر فاصله از منبع، سرعت و جهت باد است و در این جا غلظت متوسط، معیار مناسبی جهت ارزیابی وضعیت آلودگی هوا در پایانه و ارزیابی خطر تماس با آن می‌باشد.

دو دسته از افراد به طور مستقیم در معرض آلاینده‌های هوا در این پایانه قرار دارند، یک گروه رانندگان و کارمندان پایانه هستند که به مدت طولانی و در تمام دوره کاری خود در تماس با این غلظت از آلاینده‌های هوا می‌باشند. دسته دیگر شامل مسافرین با الگوی متفاوتی از تماس با آلاینده‌های هوا در این پایانه هستند. جهت مقایسه نتایج، از غلظت آلاینده‌های مورد مطالعه از خطوط راهنمای کیفیت هوای سازمان جهانی سلامت [۱] استفاده شد که کم‌ترین غلظت‌هایی است که علایم و بیماری‌های ناشی از تماس با این آلاینده‌ها بروز پیدا می‌کند و نیز استانداردهای کیفیت هوای محیطی آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده [۲] که حداکثر غلظت‌های مجاز تماس با آلاینده‌ها در محیط می‌باشد. جدول ۴ نشان‌دهنده خطوط راهنما و استانداردهای مذکور برای غلظت متوسط سالانه و ۲۴ ساعته آلاینده‌های مورد نظر است. در این پایانه به طور متوسط غلظت آلاینده NO_2 ۶۱ درصد NO_x بوده [۷] و برابر ۱۰۸ ppb است. هم‌چنین انتشار بیشترین مقدار آلاینده

اکسیدهای گوگرد از خودروها شامل SO_2 می‌باشد که این دو مقدار با یک‌دیگر قابل مقایسه اند.

جدول ۴- استاندارد آلاینده‌های هوای محیطی

		SO_2 (ppb)	CO (ppm)	PM_{10} (µg/m3)	NO_2 (ppb)
EPA NAAQS [۹]	غلظت ۲۴ ساعته	۷۵	-	۱۵۰	-
	غلظت سالانه	-	۹	-	۵۳
WHO AQG [۱۰و۱۱]	غلظت ۲۴ ساعته	-	۹	۵۰	۸۱
	غلظت سالانه	-	-	۲۰	-

۴- نتیجه‌گیری

غلظت آلاینده NO_x در محوطه پایانه به طور متوسط برابر ppb ۱۷۶/۶۲ می‌باشد، در حالی‌که در اثر پخش و پراکنش آلاینده‌ها در شعاع ۲۰۰ متری از پایانه غلظت آن در سطح زمین برابر ppb ۱۰۷/۳۸ است که تنها ppb ۶ بیش از غلظت زمینه برآورد می‌شود. غلظت آلاینده PM_{10} در این پایانه به طور متوسط برابر $\mu g/m^3$ ۷۶/۷۸ و در شعاع ۲۰۰ متری برابر $\mu g/m^3$ ۷۹/۹۵ است. در مقایسه با غلظت زمینه، غلظت این آلاینده تنها $\mu g/m^3$ ۲ بیشتر می‌باشد. برای آلاینده CO با غلظت متوسط ppm ۲/۰۲ و آلاینده SO_x با غلظت متوسط ppb ۲۹/۵۱ تغییر چندانی میان حداقل غلظت آلاینده در محوطه پایانه و محیط اطراف آن ملاحظه نمی‌شود. در نتیجه آلودگی هوای ناشی از این پایانه اثر چندانی بر آلودگی هوای اطراف ندارد، اما اثر آلاینده‌های منتشره بر افراد در پایانه نیاز به بررسی دارد.

آلاینده‌های CO و SO_x در همه شرایط کمتر از میزان مجاز است. غلظت آلاینده PM_{10} بیش از خطوط راهنمای WHO است و احتمال بروز علایم و بیماری‌های ناشی از تماس با آن از جمله بیماری‌های قلبی و سرطان ریه به خصوص برای رانندگان و کارکنان افزایش می‌یابد. از نظر استاندارد EPA غلظت متوسط PM_{10} کمتر از غلظت ۲۴ ساعته EPA می‌باشد. غلظت متوسط و غلظت حداقل NO_2 بیش از خطوط راهنمای WHO و استاندارد EPA است. بنابراین احتمال بروز مشکلات تنفسی، بیماری‌های ریوی و قلبی عروقی وجود خواهد داشت. هم‌چنین ترکیب NO_x در مجاور نور خورشید و گرما موجب تولید ازون خواهد شد. در نتیجه علایم تماس با ازون نیز برای افراد، متناسب با زمان حضور در پایانه بروز می‌کند.

پی‌نوشت

[1] International Vehicle Model
[2] Vehicle Specific Power
[3] Soak Time Distribution
[4] World Health Organization Air Quality Guideline
[5] Environmental Protection Agancy National Ambient Air Quality Standard

منابع

[1] Sharifi M. Evaluation of air pollution as a result of transportation in the vicinity of terminals, Case study Azady Terminal. Msc: Faculty of Environment, University of Tehran, Iran; 2009.[In Persian]

[2] EPA, Office of Transportation and Air Quality, Idling Vehicle Emissions for Passenger Cars, Light-Duty Trucks, and Heavy-Duty Trucks; 2008; EPA420-F-08-025.

[3] Shafie-Pour M, Tavakoli A. On-Road Vehicle Emissions Forecast Using IVE Simulation Model, International Journal of Environmental research; Spring 2013; ISSN: 1735-6865.

[4] IVE Model User Manual, Version 2.0; 2008.

[5] BREEZE AERMOD/ISC Air Quality Modeling System User Manual, Version 7; 2010.

[6] Shafie-Pour M, Pardakhti A, Mejari M, Joudi H. Estimating Air Emissions in City Terminals Using IVE Model, The Third International Conference on Environmental Planning And Management; 2013. [In Persian]

[7] Air Quality Modelling and Assessment Unit (AQMAU), Conversion Ratios For NO_x And NO_2; 2011.

[8] Air Resources Laboratory, http://www.ready.noaa.gov, (assessed: September 18, 2013).

[9] EPA, National Ambient Air Quality Standards, http://www.epa.gov/air/criteria.html, (assessed: Octobrer 24, 2012).

[10] World Health Organization (WHO), Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide; 2005.

[11] Raub J. Environmental Health Criteria, Carbon Monoxide (Second Edition), World Health Organization; 1999.