

Concentrations of Criteria Air Pollutants and BTEX in Mehrabad International Airport

Anoushirvan Mohseni Bandpai¹,
Mahdieh Yaghoubi²,
Mostafa Hadei³,
Mahmood Salehi⁴,
Abbas Shahsavani^{5,6}

¹ Professor, Environmental and Occupational Hazards Control Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² MSc Student in Environmental Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ PhD Student in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Biostatistics, Baqiatollah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁵ Assistant Professor, Environmental and Occupational Hazards Control Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶ Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received May 21, 2017 ; Accepted October 24, 2017)

Abstract

Background and purpose: Airports are proved to have adverse effects on the air quality of neighboring areas. This study aimed at determining the concentrations of air pollutants including PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, NO₂, SO₂, CO, benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) in Mehrabad International Airport.

Materials and methods: The samples were taken from two sites (runway and passengers waiting hall) in Mehrabad in December 2015. The concentrations of BTEX, particulate matter, and other gaseous pollutants were measured using gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID), MetOne aerocet 531s, and Aeroqual Series 500, respectively. The effect of meteorological parameters (temperature, wind speed, and relative humidity) on the concentrations of air pollutants were analyzed using nonparametric correlation test.

Results: In runway, the temperature was found to have a significant correlation with all the pollutants except PM_{2.5} ($p < 0.05$). Relative humidity showed a significant correlation with all pollutants, except PM_{2.5} and O₃ ($p < 0.05$). Moreover, wind speed was significantly correlated with all the pollutants except O₃, NO₂, and toluene ($P < 0.05$). No significant difference was found between the concentrations of pollutants in two sampling sites, except for benzene, toluene, and ethylbenzene ($p < 0.05$).

Conclusion: Prevention of air pollution in neighboring areas of Mehrabad airport could be done using appropriate management system and flight schedule planning according to current findings, especially the effect of meteorological parameters.

Keywords: particulate matter, benzene, toluene, ozone, PM10

J Mazandaran Univ Med Sci 2018; 28 (160): 76-87 (Persian).

غلظت و عوامل موثر بر آلاینده های معیار هوا و BTEX در فرودگاه بین المللی مهرآباد

انوشیروان محسنی بندپی^۱

مهدیه یعقوبی^۲

مصطفی هادئی^۳

محمود ثالثی^۴

عباس شاهسونی^{۵،۶}

چکیده

سابقه و هدف: وجود فرودگاه‌ها در شهرها تاثیر زیادی بر روی کیفیت هوای مناطق اطراف آن بر جای می‌گذارد. این مطالعه با هدف تعیین غلظت و پارامترهای موثر بر آلاینده‌های معیار هوا شامل PM_{10} ، $PM_{2.5}$ ، NO_2 ، O_3 ، SO_2 ، CO ، و آلاینده‌های BTEX شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در فرودگاه مهرآباد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از آلاینده‌ها در دو نقطه باند فرودگاه و سالن انتظار مسافین طی ماه دی سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. غلظت BTEX، آلاینده‌های ذره‌ای و سایر آلاینده‌های گازی به ترتیب توسط کروماتوگرافی گازی-آشکارسازی یونیزاسیون شعله‌ای (GC-FID)، دستگاه MetOne aerocet 531s و دستگاه Aeroqual Series 500 اندازه‌گیری شد. تاثیر پارامترهای هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد و نیز زمان و مکان نمونه‌برداری بر غلظت آلاینده‌ها سنجیده شد. **یافته‌ها:** در باند فرودگاه، پارامتر دما روی غلظت تمامی آلاینده‌ها به استثنای $PM_{2.5}$ تاثیر معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). پارامتر رطوبت روی غلظت تمامی آلاینده‌ها غیر از $PM_{2.5}$ و O_3 تاثیر معنی‌داری نشان داد ($p < 0.05$). سرعت باد بر غلظت آلاینده‌ها به غیر از O_3 ، NO_2 و تولوئن دارای تاثیر معنی‌داری بود ($p < 0.05$). بین غلظت‌های آلاینده‌ها به جز تولوئن و اتیل بنزن در دو نقطه نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$).

استنتاج: پیشگیری از آلودگی هوا برای مناطق اطراف فرودگاه می‌تواند با استفاده از طراحی سیستم مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح پروازها بر اساس یافته‌های این مطالعه به خصوص در مورد تاثیر پارامترهای هواشناسی انجام گیرد.

واژه های کلیدی: ذرات معلق، بنزن، تولوئن، ازن، PM_{10}

مقدمه

آلودگی هوا به عنوان مهم‌ترین عامل خطر محیطی در جهان معرفی شده است (۱). مطابق گزارشی از سازمان بهداشت جهانی، سالانه هفت میلیون مرگ در جهان منتسب به آلودگی هوا به عنوان مهم‌ترین عامل خطر محیطی در جهان معرفی شده است (۱). مطابق گزارشی از سازمان بهداشت جهانی، سالانه هفت میلیون مرگ در جهان منتسب به آلودگی هوا به عنوان مهم‌ترین عامل خطر محیطی در جهان معرفی شده است (۱).

E-mail: ashahsavani@gmail.com

مؤلف مسئول: عباس شاهسونی- تهران: دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط

۱. استاد، مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۳. دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۴. استادیار، گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران

۵. استادیار، مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۶. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۳۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۶/۳/۳۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۸/۲

شناخت انواع و سهم منابع دخیل در آلودگی هوا از جمله بخش حمل و نقل حایز اهمیت بسیاری است (۷،۶). انتشارات آلاینده های هوا از حمل و نقل زمینی مانند حمل و نقل جاده ای و ریلی اثر قابل ملاحظه ای بر روی غلظت آلودگی هوا دارد (۸). حمل و نقل هوایی نیز به دلیل سهم عمده در صنعت حمل و نقل، تاثیر رو به رشدی بر روی آلودگی اتمسفر بر جای گذاشته است (۹،۱۰). علاوه بر آلاینده های تولید شده هنگام سفرهای هوایی که در ارتفاعات بالا رخ می دهد، فرودگاه ها نیز در معرض آلودگی ناشی از هواپیماها هستند. فرودگاه ها که معمولاً نزدیک مناطق مسکونی قرار دارند، با رفت و آمد زیاد مسافران و نیز کارمندان مواجه می باشند (۹). انتشارات ناشی از هواپیما در فرودگاه ها به چرخه فرود-پرواز (LTO) مرتبط می باشد که ۱۰ درصد از مصرف سوخت هواپیما را به آن منتسب می دانند (۱۱). با در نظر گرفتن سوخت هواپیماها، از آلاینده های ناشی از انتشارات فرودگاه ها می توان به آلاینده های معیار همچون ذرات معلق، دی اکسید نیتروژن (NO_2)، ازن (O_3)، دی اکسید گوگرد (SO_2)، ترکیبات آلی فرار (VOC)، گازهای گلخانه ای و غیره اشاره کرد (۱۲-۱۴). آلاینده های معیار هوا در ایران با توجه به استاندارد ملی کیفیت هوای آزاد عبارتند از ذرات معلق کم تر از ۱۰ میکرومتر (PM_{10})، ذرات معلق کم تر از ۲/۵ میکرومتر ($\text{PM}_{2.5}$)، NO_2 ، O_3 ، CO ، SO_2 ، بنزن و سرب. این آلاینده ها با پیامدهای بهداشتی متعددی همچون بیماری های قلبی - عروقی، بیماری های تنفسی، سرطان و... مرتبط دانسته شده اند (۱۵-۱۹). البته ترکیب شیمیایی ذرات نیز در بروز اثرات آن تاثیر زیادی دارد (۲۰-۲۳). گزارش های زیادی در مورد غلظت این آلاینده ها در تهران وجود دارد. در یک مطالعه، غلظت های میانگین سالانه $\text{PM}_{2.5}$ در شهر تهران در سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ بین ۳-۵ برابر رهنمود سازمان بهداشت جهانی (WHO) عنوان شد (۳). غلظت میانگین سه ساله آلاینده های PM_{10} ، $\text{PM}_{2.5}$ ، O_3 ، NO_2 و SO_2 در بین سال های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ به ترتیب ۸۲/۲۱، ۳۹/۱۷،

۵۴/۸۸، ۱۰۳/۹۷ و ۳۹/۸۴ برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ گزارش شد، که این غلظت ها چند مرتبه بیش تر از رهنمودهای WHO بودند (۲۴). کرمانی و همکاران، کل مرگ و میر منتسب به $\text{PM}_{2.5}$ در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ را حدود ۲۰۱۵ تخمین زدند (۳). هم چنین در مطالعه ای دیگر، تعداد بستری های بیمارستانی قلبی - عروقی و تنفسی منتسب به $\text{PM}_{2.5}$ در تهران و در همان بازه زمانی به ترتیب ۲۰۹۹۰ و ۵۴۳۴۲ عدد تخمین زده شد. تعداد مرگ منتسب به ازن و دی اکسید نیتروژن نیز در سال ۲۰۱۴ به ترتیب ۹۴۶ و ۱۵۹۳ بوده است (۲۵).

در مطالعه هادئی و همکاران، تعداد مرگ و میر کل منتسب به آلاینده های PM_{10} ، $\text{PM}_{2.5}$ ، O_3 ، NO_2 و SO_2 در بین سال های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ به ترتیب ۴۱۹۲، ۴۳۳۶، ۱۳۶۳، ۲۸۳۰ و ۱۲۱۶ مورد گزارش شد (۲۴). علت اصلی آلودگی هوای تهران را منابع متحرک ذکر کرده اند، که این مشکل توسط پدیده ریزگردها تشدید نیز می شود (۲۶،۲۷).

بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن که به اختصار BTEX نامیده می شوند، به علت خاصیت چربی دوستی، اندازه کوچک ذرات و عدم وجود بار یونی قادرند تا از طریق غشاهای زیستی همچون آلونول ها، دیواره دستگاه گوارش و پوست به سرعت جذب شوند. این مشخصات به همراه فراریت بالای آن ها در دمای محیط موجب می شود تا اشتیاق به عنوان راه اصلی ورود این ترکیبات به بدن شناخته شود (۲۸،۲۹). اثرات بهداشتی کوتاه مدت این ترکیبات عمدتاً بر روی سیستم عصبی است. هر چند اثرات سمیت بر روی سیستم تولید مثل نیز به عنوان اثر میان مدت تا بلندمدت آن ها شناخته شده است. بنزن نیز به عنوان یکی از عوامل سرطان زای قطعی معرفی شده است (۲۸،۳۰). غلظت های بالایی از این ترکیبات در اطراف فرودگاه ها گزارش شده است (۱۳). در یک مطالعه، میانگین غلظت های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در منطقه اقدسیه به ترتیب ۱۶/۵۷، ۹/۱۱، ۵/۰۸ و ۵/۹۶ و در منطقه شهر ری به ترتیب ۶۳/۲۴، ۷/۶، ۳۸/۲۳

و ۱۴/۱۳ بر حسب ppb عنوان شد (۳۱). غلظت تولوئن در میدان انقلاب تهران ۰/۱۳۵ ppb گزارش شده است (۳۲). فرودگاه مهرآباد در منطقه غربی شهر تهران واقع شده است. بر پایه آمار منتشر شده، در سال ۱۳۸۹، بالغ بر ۱۰۹ هزار پرواز از این فرودگاه انجام شد که در نتیجه آن ۱۱۲ هزار تن بار و ۱۳ میلیون نفر مسافر اقدام به جابجایی از این فرودگاه کردند. به طور کلی روزانه حدود ۱۵۰ LTO در فرودگاه مهرآباد رخ می دهد (۳۳). از سوی دیگر در حال حاضر با رشد و توسعه شهر، فرودگاه مهرآباد اکنون در میان کارخانجات مختلف و مراکز مسکونی و تجاری با تراکم جمعیتی بالا قرار گرفته است. به طوری که فاصله بین باند فرودگاه و نزدیک ترین محلات تنها ۲۵۰ متر می باشد (۳۴). هم چنین در یک گزارش بیان شده است که حدود ۲۵ درصد از آلودگی هوای تهران تنها با وجود فرودگاه بین المللی مهرآباد ایجاد می شود (۳۴). در سال ۱۳۸۶ مطالعه ای در مورد تأثیر آلاینده های فرودگاه مهرآباد در کیفیت هوای منطقه با استفاده از معادلات و ضریب انتشار آلاینده صورت گرفت. در این مطالعه با استفاده از نوع موتور، تعداد نشست و برخاست های صورت گرفته و...، مقدار آلاینده های منتشر شده در محوطه فرودگاه محاسبه شد. بر اساس نتایج، میزان ذرات ۵۰۰ کیلوگرم، دی اکسید گوگرد ۵۴۰ کیلوگرم، مونوکسید کربن ۷۵۰۰ کیلوگرم، ناکس ۳۳۰۰ کیلوگرم، اکسید نیتروس ۶۰ کیلوگرم، دی اکسید کربن ۱۸۰۰ تن در یک شبانه روز به دست آمد، که ناشی از چرخه LTO بیش از ۱۵ نوع هواپیما بود (۳۴، ۳۵). هم چنین در سال ۱۳۹۲ نیز شرکت کنترل کیفیت هوای تهران با استفاده از یک رویکرد مدل سازی اقدام به گزارش سیاهه انتشار آلاینده های شهر تهران نمود، که بخشی از آن به فرودگاه مهرآباد اختصاص دارد (۳۳). با توجه به این مطالب، بررسی میزان غلظت آلاینده های مختلف هوا در این فرودگاه که به طور مستقیم بر روی مواجهه جمعیت های انسانی پیرامون اثر گذار است، حائز اهمیت می باشد.

مطالعات متعددی در دنیا در مورد غلظت آلاینده ها در فرودگاه های شهرهای مختلف انجام شده است. در یک مطالعه، میزان انتشار آلاینده های ذره ای، VOCs و گازهای گلخانه ای از فرودگاه های بین المللی کشور کشور کره جنوبی مورد بررسی قرار گرفت (۹). در مطالعه ای دیگر، غلظت چند نوع VOC از جمله بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و... در فضای آزاد و درون ساختمان های نزدیک یک فرودگاه در آمریکا مورد سنجش قرار گرفت (۱۳). در یک مطالعه دیگر، منابع و غلظت های ذرات معلق در نزدیکی یک فرودگاه در شهر بارسلونا بررسی گردید (۱۲). اما در کشور ایران، مطالعه ای در مورد غلظت های آلاینده ها در هوای آزاد فرودگاه ها صورت نگرفته است. به همین علت، انجام مطالعه ای پیرامون غلظت آلاینده های هوا در فرودگاه های کشور به خصوص فرودگاه های نزدیک سکونتگاه های انسانی از اهمیت بسیاری برخوردار است. این مطالعه با هدف تعیین غلظت آلاینده های معیار هوا شامل PM_{10} ، $PM_{2.5}$ ، NO_2 ، O_3 ، SO_2 ، CO، و نیز آلاینده های BTEX شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در هوای باند فعال و سالن انتظار مسافری فرودگاه بین المللی مهرآباد انجام گرفت. هم چنین تأثیر پارامترهای هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد بر غلظت آلاینده ها سنجیده شد. در نهایت مقایسه ای بین غلظت آلاینده ها برحسب زمان و مکان نمونه برداری صورت گرفت.

مواد و روش ها

فرودگاه مهرآباد در مختصات جغرافیایی $35^{\circ}41'21''$ شمالی و $51^{\circ}18'49''$ شرقی قرار گرفته است. این مطالعه به صورت مقطعی و از نوع توصیفی-کاربردی می باشد که در فاصله زمانی یک ماه به صورت ۳ روز در میان در فصل زمستان (ماه دی) سال ۱۳۹۴ (مجموعاً ۱۰ نوبت نمونه برداری) در سالن انتظار مسافری و باند فعال فرودگاه با توجه به حداکثر و حداقل تعداد پروازها در دو نوبت صبح و عصر در روزهای تعطیل و غیر تعطیل انجام پذیرفت. از ۱۰ نوبت

نمونه برداری، ۲ مرتبه در نوبت صبح وضعیت هوا پایدار بود و یک مرتبه هم وارونگی دما وجود داشت.

نمونه برداری BTEX مطابق استاندارد ۱۵۰۱ NIOSH به مدت ۱ ساعت با استفاده از لوله های کربن فعال دو بخشی و پمپ SKC مدل 224.44EX با دبی ۰/۲ بر حسب L/min صورت پذیرفت. بدین منظور جاذب و پمپ و سایر تجهیزات نمونه برداری در ارتفاع تنفسی ۱/۵ متر از سطح زمین در ایستگاه های مورد نظر (وسط سالن انتظار، و در یکی از ایستگاه های بارگیری مسافر باند فعال) قرار گرفتند. پس از پایان مدت زمان نمونه برداری، جاذب ها مسدود شده و در جعبه یخ، ظرف حداکثر یک روز به آزمایشگاه منتقل شدند. سایر آلاینده ها توسط دستگاه های قابل حمل اندازه گیری شدند. به منظور اندازه گیری غلظت BTEX (تولون، زایلین، اتیل بنزن، بنزن) از روش 1501 NIOSH تبعیت گردید (۳۶). در این روش از جاذب های جامد کربن فعال جهت نمونه برداری، محلول CS₂ برای استخراج ترکیب از جاذب و نیز از کروماتوگرافی گازی/آشکارساز یونیزاسیون شعله (GC/FID) جهت آنالیز نمونه ها استفاده شد. برای سنجش آلاینده های معیار O₃، NO₂، SO₂ و CO دستگاه 500 series-aeroqual (aeroqual-نیوزلند) استفاده شد. برای سنجش ذرات معلق نیز دستگاه MetOne aerocet 531s (MetONE-آمریکا) به کار رفت. جهت بررسی تاثیر شرایط جوی در افزایش یا کاهش میزان آلودگی با استفاده از دماسنج (مدل KIMO HD 50-فرانسه)، آنومتر (مدل ST-618-آمریکا) و رطوبت سنج (مدل KIMO HD 50-فرانسه) به ترتیب دما، سرعت باد و رطوبت نسبی مورد اندازه گیری قرار گرفت.

به منظور تامین کنترل کیفیت و تضمین کیفیت آنالیزها، اعتباربخشی مطالعه در دو مرحله بررسی گردید. مرحله اول شامل بررسی دقت نمونه برداری است، شامل عدم نمونه برداری در شرایط غیرعادی (بارش باران، برف و...) که پتانسیل ایجاد تغییر روی میزان مواجهه را

دارند، انتخاب مناسب ایستگاه های سنجش، استفاده از روش های استاندارد جهت نمونه برداری، استخراج و آنالیز نمونه ها و کالیبراسیون وسایل و تجهیزات نمونه برداری. مرحله دوم نیز شامل بررسی صحت و دقت آنالیز نمونه ها بود. در این مرحله نیز به روزآوری دستگاه GC (PERKIN ELMER-Sigma 3B) انجام پذیرفت. در نهایت آنالیز آماری یافته ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت. تاثیر پارامترهای هواشناسی بر غلظت آلاینده ها با استفاده از آزمون همبستگی ناپارامتری سنجیده شد. هم چنین غلظت آلاینده ها در دو نوبت نمونه برداری و نیز در دو محل نمونه برداری توسط آزمون مان-ویتنی با یکدیگر مقایسه گردید.

یافته ها

در این پژوهش، غلظت آلاینده های هوا شامل PM₁₀، PM_{2.5}، NO₂، O₃، SO₂ و CO و نیز آلاینده های BTEX در دو ایستگاه باند فعال فرودگاه و سالن انتظار مسافری در دو نوبت صبح و عصر بررسی گردید و تاثیر پارامترهای هواشناسی مانند دما، رطوبت و سرعت باد بر روی انتشار آن ها مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت آلاینده های تحت بررسی به تفکیک محل نمونه برداری و نوبت نمونه برداری (صبح و عصر) در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

نتایج آزمون همبستگی غیرپارامتری پیرامون ارتباط بین غلظت آلاینده های مورد بررسی و مقادیر دما، رطوبت و سرعت باد در زیر ارائه شده است. هم چنین به دلیل نرمال نبودن توزیع غلظت آلاینده ها، شرایط استفاده از رگرسیون چند متغیره فراهم نبود. در باند فرودگاه، پارامتر دما روی غلظت تمامی آلاینده ها به استثنای PM_{2.5} تاثیر معنی داری دارد (p < ۰/۰۵). هم چنین، پارامتر دما بر غلظت تمامی آلاینده ها به استثنای ازن تاثیر معکوس دارد. پارامتر رطوبت نیز روی غلظت تمامی آلاینده ها غیر از PM_{2.5} و O₃ تاثیر معنی داری دارد (p < ۰/۰۵). پارامتر رطوبت بر غلظت تمامی آلاینده ها

جدول شماره ۱: غلظت (انحراف معیار) آلاینده ها در باند فرودگاه و سالن انتظار مسافرین فرودگاه مهرآباد در دو نوبت صبح و عصر

آلاینده	واحد	باند فرودگاه		سالن انتظار مسافرین	
		صبح تعداد(درصد)	عصر تعداد(درصد)	صبح تعداد(درصد)	عصر تعداد(درصد)
PM ₁₀	µg/m ³	۶۶/۶ (۲۸/۴۴)	۵۰/۲ (۴/۰۷)	۲۱/۲ (۴/۰۷)	۱۸/۹ (۴/۰۷)
PM _{2.5}	µg/m ³	۹/۹ (۴/۱۸)	۸/۹ (۳/۹۶)	۴/۸ (۱/۹۳)	۴/۳ (۱/۶۳)
O ₃	ppm	۹/۸۵ (۳/۴۹)	۱۴/۴ (۲/۹۴)	۰/۱۹ (۰/۰۷۳)	۰/۱۴ (۰/۰۵۱)
NO ₂	ppb	۷۸/۷۲ (۳۶/۶۶)	۵۳/۲۵ (۱۲/۸۴)	۵۴/۳۶ (۲/۰۱)	۴۱/۲۹ (۱/۰۴)
SO ₂	ppb	۴۹/۸۷ (۲۲/۳۵)	۲۷/۹۹ (۸/۷۵)	۱۶/۷۶ (۰/۵۳)	۱۴/۶۲ (۰/۳۵)
CO	ppm	۱۴/۹ (۴/۷۹)	۳/۳۲ (۱/۴۳)	۲/۴۷ (۱/۱۲)	۲/۰۴ (۰/۵۶)
بنزن	ppm	۰/۱۲۱ (۰/۱۱)	۰/۰۱ (۰/۰۰۸)	۰/۰۳ (۰/۰۰۲)	۰/۰۰۵ (۰/۰۰۰۴)
تولون	ppm	۰/۰۷۴ (۰/۰۵۳)	۰/۰۱۸ (۰/۰۱۷)	۰/۰۵ (۰/۰۱۷)	۰/۰۴۲ (۰/۰۱۵)
اتیل بنزن	ppm	۰/۰۲ (۰/۰۲۳)	۰/۰۰۲ (۰/۰۱۸)	۰/۰۱۳ (۰/۰۱۸)	۰/۰۰۵۱ (۰/۰۰۱)
زایلن	ppm	۰/۰۲۹ (۰/۰۲۹)	۰/۰۰۳ (۰/۰۰۲۳)	۰/۰۰۱ (۱/۴E-۲۰)	۰/۰۰۰۲ (۸/۷۵E-۵)
دما	° C	۳/۷۵ (۱/۳۴)	۱۱/۲ (۲/۲۵)	۲۰/۱ (۰/۷۹)	۲۳/۳۹ (۲/۵۵)
رطوبت	%	۶۶/۵ (۶/۵۹)	۳۳/۷ (۷/۹۹)	۲۰/۶۴ (۱/۳۹)	۱۷/۹۴ (۱/۸۴)
سرعت باد	m/s	۴/۶ (۲/۰۷)	۸/۴ (۶/۷)	-	-

جدول شماره ۲، غلظت آلاینده ها را بر حسب مکان نمونه برداری نشان می دهد. نتایج آزمون مان-ویتنی (Mann-Whitney) نشان داد که بین غلظت های آلاینده ها به جز تولون و اتیل بنزن در دو نقطه نمونه برداری باند فرودگاه و سالن انتظار مسافرین تفاوت معنی داری وجود دارد ($p < ۰/۰۵$).

جدول شماره ۲: غلظت (انحراف معیار) آلاینده ها در باند فرودگاه و سالن انتظار مسافرین فرودگاه مهرآباد

آلاینده	واحد	باند فرودگاه	سالن انتظار
PM ₁₀	µg/m ³	۹/۴ (۳/۹۹)	۴/۵۵ (۱/۷۶)
PM _{2.5}	µg/m ³	۵۸/۴ (۲۱/۲۱)	۲۰/۰۵ (۴/۱۸)
O ₃	ppm	۱۲/۱۲ (۳/۳۶)	۰/۱۶ (۰/۰۶)
NO ₂	ppb	۹/۱۱ (۶/۱۴)	۲/۲۵ (۰/۸۹)
SO ₂	ppb	۳۸/۹۳ (۱۷/۵)	۱۵/۶۹ (۱/۱۸)
CO	ppm	۶۵/۹۸ (۲۴/۱۸)	۴۷/۸۲ (۶/۸۸)
بنزن	ppm	۰/۰۶۶۳ (۰/۰۹۸۳)	۰/۰۱۶۳ (۰/۰۱۴۲)
تولون	ppm	۰/۰۴۶۷ (۰/۰۴۷۱)	۰/۰۴۷۴ (۰/۰۱۶۷)
اتیل بنزن	ppm	۰/۰۱۱۵ (۰/۰۱۹۲)	۰/۰۰۹۲ (۰/۰۱۳۶)
زایلن	ppm	۰/۰۱۶۳ (۰/۰۲۴۲)	۰/۰۰۰۱ (۰)
دما	° C	۵۰/۱ (۱۸/۲۷)	۱۹/۲۹ (۲/۱)
رطوبت	%	۶/۵ (۵/۲)	۰ (۰)
سرعت باد	m/s	۷/۴۷ (۴/۲۲)	۲۱/۷۴ (۲/۴۹)

بحث

غلظت آلاینده ها

قرار گیری فرودگاه مهرآباد در غرب تهران و ورزش بادهای غالب ۲۷۰ درجه غربی و همچنین مساحت زیاد و بدون مانع باند فرودگاه و سرعت باد، سبب پراکنده

به استثنای ازن تاثیر مستقیم دارد. از سوی دیگر، سرعت باد بر روی غلظت آلاینده ها به غیر از O₃، NO₂ و تولون دارای تاثیر معنی داری است ($p < ۰/۰۵$). سرعت باد بر غلظت تمامی آلاینده ها تاثیر معکوس دارد. در سالن انتظار مسافرین، پارامتر دما در سالن انتظار مسافرین روی انتشار NO₂، SO₂ و زایلن دارای تاثیر معنی داری است ($p < ۰/۰۵$). پارامتر رطوبت نیز در سالن انتظار مسافرین روی انتشار NO₂، SO₂، بنزن و زایلن تاثیر معنی داری داشت ($p < ۰/۰۵$). همان طور که در جدول شماره ۱ ملاحظه می شود، غلظت هر کدام از آلاینده ها در باند فرودگاه از غلظت آن ها در سالن انتظار مسافرین بیش تر است. همچنین غلظت تمامی آلاینده ها به استثنای O₃ در باند فرودگاه در نوبت صبح بیش تر از نوبت عصر می باشد. از سوی دیگر، میانگین غلظت تمامی آلاینده های مورد سنجش در سالن انتظار مسافرین در نوبت صبح بیش تر از نوبت بعد از ظهر می باشد. آزمون مان-ویتنی (Mann-Whitney) برای مقایسه بین مقادیر آلاینده ها در نوبت های صبح و عصر به کار رفت. نتایج این آزمون نشان داد که به غیر از PM_{2.5} و PM₁₀، غلظت سایر آلاینده ها در دو نوبت صبح و عصر باند فرودگاه دارای تفاوت معنی داری است ($p < ۰/۰۵$). همچنین در مورد سالن انتظار مسافرین نیز، فقط برای آلاینده های SO₂، NO₂، بنزن و زایلن تفاوت معنی داری بین غلظت های صبح و عصر آن ها برقرار بود ($p < ۰/۰۵$).

شدن آلاینده ها در سطح شهر می شود و آلاینده ها را به سمت مناطق مسکونی و مراکز اطراف فرودگاه پراکنده می کند (۳۵). بر اساس گزارشی از شرکت کنترل کیفیت هوای تهران تخمین زده شد که فرودگاه مهرآباد سالانه در حدود ۶۲۲ تن آلاینده اکسیدهای نیتروژن، ۵۲۳ تن آلاینده منوکسید کربن و ۷۰ تن انواع هیدروکربن ها را تولید می نماید. به طور کلی مطابق این گزارش، روزانه به طور میانگین حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم CO، ۱۹۰-۲۰۰ کیلوگرم HC، ۱۷۰۰-۱۸۰۰ کیلوگرم NOx و ۴۵۰-۵۰۰ هزار کیلوگرم CO₂ از فرودگاه مهرآباد منتشر می شود. هم چنین میزان انتشار روزانه ذرات معلق از فرودگاه مهرآباد ۴۵ کیلوگرم می باشد، که این مقدار در ایجاد آلودگی هوای محلی نقش عمده ای ایفا می کند. از سوی دیگر، در این گزارش میزان انتشار آلاینده های فرودگاه مهرآباد و چند فرودگاه اروپایی مقایسه شد و مشخص گردید که فرودگاه مهرآباد علی رغم تعداد پروازهای کم تر، آلاینده های بیش تری را منتشر می کند. این مسئله به قدیمی بودن ناوگان این فرودگاه نسبت داده شد (۳۳). غلظت های بنزن، تولوئن و زایلن به دست آمده در باند فرودگاه از غلظت های همین آلاینده ها در هوای شهر تهران بالاتر بود. در یک مطالعه، میانگین غلظت های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در منطقه اقدسیه به ترتیب ۱۶/۵۷، ۹/۱۱، ۵/۰۸ و ۵/۹۶ و در منطقه شهر ری به ترتیب ۶۳/۲۴، ۷/۶، ۳۸/۲۳ و ۱۴/۱۳ بر حسب ppb عنوان شد. هرچند غلظت اتیل بنزن مطالعه حاضر کم تر از هوای شهری بود، که می تواند به دلیل احتراق سوخت های متفاوت و نیز وجود منابع دیگر باشد (۳۱). غلظت تولوئن در میدان انقلاب تهران ۰/۱۳۵ ppb گزارش شده است (۳۲).

غلظت ترکیبات BTEX در مطالعه حاضر به مراتب بیش تر از غلظت همین ترکیبات در فرودگاهی در آمریکا است. غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، m,p-زایلن و o-زایلن در فرودگاهی در آمریکا به ترتیب ۰/۰۰۰۲۷، ۰/۰۰۰۸۵، ۰/۰۰۰۰۷، ۰/۰۰۰۲۳ و ۰/۰۰۰۰۸

بر حسب ppm بود. غلظت همین ترکیبات در نواحی مسکونی اطراف فرودگاه نیز به ترتیب ۰/۰۰۰۲۷، ۰/۰۰۰۹۹، ۰/۰۰۰۰۹، ۰/۰۰۰۲۸ و ۰/۰۰۰۰۹ بر حسب ppm اندازه گیری شد. نتایج یک مطالعه بر روی یک فرودگاه در شهر بارسلونا که سالانه شاهد عبور ۳۰۰ هزار هواپیما است، نشان داد که میانگین غلظت های PM₁₀، PM_{2.5} و PM₁ در آن به ترتیب ۴۸، ۲۱ و ۱۷ بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ بوده است (۱۲). در مطالعه ای دیگر نیز نتایج نشان داد که فرودگاه باعث افزایش غلظت عددی ذرات معلق می شود (۳۷). در مطالعه ای که در فرودگاه زوریخ انجام پذیرفت، مقدار تولوئن و بنزن از سایر VOCها بیش تر بود که با مطالعه ما همخوانی داشت (۳۸).

تاثیر پارامترهای هواشناسی

نتایج همبستگی پارامترهای هواشناسی با غلظت آلاینده ها در بخش یافته ها ارائه شد.

برخلاف سایر آلاینده ها، غلظت ازن با دما و رطوبت نسبی به ترتیب رابطه مستقیم و عکس داشت. ثابت شده است که در دماهای بالاتر، میزان تولید ازن افزایش می یابد. هم چنین همبستگی معکوس بین غلظت ازن و رطوبت نسبی، به دلیل افزایش جذب ازن بر روی سطوح ذرات و... می باشد (۳۹). هم چنین سرعت باد اثر معکوسی روی غلظت آلاینده ها داشته است، که این امر به خاطر افزایش پراکنش آلاینده ها رخ داده است (۴۰). در یک مطالعه، همبستگی متوسطی بین غلظت NOx و دما ($p < ۰/۰۱$) یافت شد. غلظت های CO و NOx با افزایش دما کاهش یافت. اما رابطه مستقیمی بین دما و ازن وجود داشت. از سوی دیگر، میان آلاینده های CO و NOx و سرعت باد ارتباط معکوسی مشاهده گردید. غلظت ازن نیز با افزایش سرعت باد زیاد شد. رطوبت نسبی نیز به طور کلی ارتباط ضعیفی را با همه آلاینده ها نشان داد (۴۰).

در یک مطالعه در ۳ شهر از چین، تفاوت معنی داری بین غلظت های فصلی آلاینده های معیار مشاهده شد، به

گونه‌ای که ازن برخلاف همه آلاینده‌ها در فصول گرم سال غلظت بالاتری داشت. در پکن، ذرات معلق، مونوکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن به شکل معکوس با سرعت باد در همه فصول (به جز تابستان) مرتبط بودند. این امر به خاطر غلبه پراکنش افقی و عمودی به ترتیب در فصول سرد سال و تابستان می‌باشد. هم چنین غلظت‌های ذرات معلق، مونوکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن ارتباط مستقیمی با رطوبت نسبی در همه فصول (به جز زمستان) نشان داد. برای آلاینده ازن به عنوان یک آلاینده ثانویه، ارتباط معکوسی در تابستان و پاییز و ارتباط مستقیمی در زمستان با سرعت باد وجود داشت. این امر به خاطر این بود که با افزایش سرعت باد، حذف ذرات و حضور اشعه خورشید افزایش می‌یابد که در نهایت منجر به تشکیل ازن می‌گردد. ارتباط ازن با دما در همه فصول به جز زمستان شدیداً مثبت بود. هم چنین ارتباط منفی بین ازن و رطوبت نسبی در همه فصول به جز پاییز وجود داشت. همین الگوها با تفاوت اندکی در مورد سایر شهرهای این کشور نیز صادق بود (۴۱). هم چنین باید به تفاوت غلظت آلاینده‌ها و مقادیر مختلف رطوبت نسبی توجه کرد. در رطوبت بالا، ترکیبات نیمه فرار به فاز آئروسل وارد می‌شوند و باعث افزایش غلظت ذرات می‌شوند (۴۲). هم چنین، ارتفاع لایه مرزی در این شرایط کم‌تر است که موجب افزایش غلظت آلاینده‌های ناشی از منابع اولیه می‌گردد (۴۳).

تاثیر زمان روز

مطابق نتایج به دست آمده، غلظت آلاینده‌ها به جز ازن در نوبت صبح باند فرودگاه بیش‌تر از نوبت عصر بود. بیش‌تر بودن غلظت آلاینده‌ها در نوبت صبح می‌تواند به دلیل وجود پروازهای بیش‌تر در این نوبت یا ناشی از اثر وارونگی دما باشد که موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها در فرودگاه می‌شود. هم چنین علت بیش‌تر بودن ازن در نوبت عصر به دلیل فرایندهای فتوشیمیایی مولد ازن

است که از یکسو نیازمند برخی پیشسازها و از سوی دیگر نیازمند گرمای هوا می‌باشد (۴۴). در یک مطالعه بر روی باندهای مختلف یک فرودگاه در آمریکا، باندهایی که فعالیت هواپیماها بر روی آن‌ها بیش‌تر بود، غلظت بیش‌تری از BTEX را نشان دادند. هم چنین غلظت هر یک از آلاینده‌ها در زمستان بیش از تابستان بود (۱۳). در یک مطالعه بر روی تغییرات روزانه غلظت BTEX در تهران، نتایج نشان داد که حداکثر غلظت این ترکیبات یک بار در ساعات بین ۹-۱۱ صبح و یک بار هم تقریباً در ساعات ۹-۱۱ شب رخ می‌دهد. غلظت پیک صبح و شب به ترتیب حدود ۲۰ و ۲۸ برحسب ppb بودند. به این ترتیب حداکثر غلظت‌های شب به مقدار ۴۰ درصد بیش‌تر از حداکثر غلظت‌های صبح بود (۳۱). در یک مطالعه بر روی یک فرودگاه نزدیک دریا، نوسانات غلظت ذرات معلق در طول روز به سیکل‌های متناوب نسیم دریا و ساحل منتسب شد. غلظت حداکثر PM₁₀ و PM_{2.5} به ترتیب ۶۰ و ۳۰ برحسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ بود که در زمان نسیم دریا به ترتیب به میزان ۵۰ درصد و ۶۶ درصد کاهش می‌یافتند (۱۲).

تاثیر مکان نمونه برداری

زیادتر بودن غلظت آلاینده‌ها (به جز تولوئن و اتیل بنزن) در باند فرودگاه نسبت به سالن انتظار مسافری می‌تواند به دلیل تولید زیاد این آلاینده‌ها در باند فرودگاه، فاصله بین این دو مکان و نیز عدم وجود منابع تولیدکننده آلودگی در داخل سالن بوده است. عدم وجود این اختلاف برای تولوئن و اتیل بنزن نیز می‌تواند به خاطر کم بودن غلظت این آلاینده‌ها، خطای اندازه‌گیری و حتی وجود منابع داخل ساختمان برای سالن انتظار مسافری باشد (۳۱). در بررسی غلظت‌های برخی ترکیبات آلی فرار در یک فرودگاه آمریکا، غلظت متوسط بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، m-، p- و o- زایلن در محدوده فرودگاه به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۲۱، ۰/۳ و ۰/۹۹ بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ گزارش شد. غلظت این

مناطق اطراف فرودگاه بین‌المللی مهرآباد ضروری است. این امر نیازمند طراحی سیستم مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح پروازها بر اساس یافته‌های این مطالعه در خصوص تاثیر پارامترهای هواشناسی، و نیز وجود سیستم پایش مداوم می‌باشد. هم‌چنین طراحی و ساخت فرودگاه‌های جدید نیز باید با توجه به عوامل هواشناسی، سکونت‌گاه‌های اطراف و... صورت بگیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی جهت حمایت مالی از این مطالعه با شماره طرح ۷۵۶۱ نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشند.

References

1. Krzyzanowski M, Apte JS, Bonjour SP, Brauer M, Cohen AJ, Prüss-Ustun AM. Air Pollution in the Mega-cities. Current Environmental Health Reports 2014; 1(3): 185-191.
2. WHO. Seven million premature deaths annually linked to air pollution. Geneva: World Health Organization (WHO); 2014.
3. Kermani M, Dowlati M, Jafari AJ, Kalantari RR. Health risks attributed to particulate matter of 2.5 microns or less in Tehran air 2005-2015. J Kermanshah Univ Med Sci 2016; 20(3): 99 (Persian).
4. Asl FB, Kermani M, Aghaei M, Karimzadeh S, Arian SS, Shahsavani A, et al. Estimation of Diseases and Mortality Attributed to NO2 pollutant in five metropolises of Iran using AirQ model in 2011-2012. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(121): 239-249 (Persian).
5. Mohammadi A, Azhdarpoor A, Shahsavani A, Tabatabaee H. Investigating the health effects of exposure to criteria pollutants using airq2.2.3 in Shiraz, Iran. Aerosol and Air Quality Research 2016; 16(4): 1035-1043.
6. Sowlat MH, Naddafi K, Yunesian M, Jackson PL, Lotfi S, Shahsavani A. PM10 source apportionment in Ahvaz, Iran, using positive matrix factorization. Clean-Soil Air Water 2013; 41(12): 1143-1151.
7. Sowlat MH, Naddafi K, Yunesian M, Jackson PL, Shahsavani A. Source apportionment of total suspended particulates in an arid area in southwestern Iran using positive matrix factorization. Bull Environ Contam Toxicol 2012; 88(5): 735-740.
8. Sausen R. Transport impacts on atmosphere and climate. Atmos Environ 2010; 44(37): 4678-4734.
9. Song S-K, Shon Z-H. Emissions of greenhouse gases and air pollutants from commercial aircraft at international airports in Korea. Atmos Environ 2012; 61: 148-158.

10. Massoudinejad M, Ghaderpoori M, Shahsavani A, Amini MM. Adsorption of fluoride over a metal organic framework Uio-66 functionalized with amine groups and optimization with response surface methodology. *J Mol Liq* 2016; 221: 279-286.
11. Rypdal K. Aircraft emissions. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in IPCC National Greenhouse Gas Inventories programme, Technical Support Unit, 2000: 93-102.
12. Amato F, Moreno T, Pandolfi M, Querol X, Alastuey A, Delgado A, et al. Concentrations, sources and geochemistry of airborne particulate matter at a major European airport. *J Environ Monit* 2010; 12(4):854-862.
13. Jung KH, Artigas F, Shin JY. Personal, indoor, and outdoor exposure to VOCs in the immediate vicinity of a local airport. *Environ Monit Assess* 2011; 173(1): 555-567.
14. Hsu H, Adamkiewicz G, Houseman EA, Vallarino J, Melly SJ, Wayson RL, et al. The relationship between aviation activities and ultrafine particulate matter concentrations near a mid-sized airport. *Atmos Environ* 2012; 50: 328-337.
15. Carey IM, Atkinson RW, Kent AJ, van Staa T, Cook DG, Anderson HR. Mortality associations with long-term exposure to outdoor air pollution in a national English cohort. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 187(11): 1226-1233.
16. Cesaroni G, Badaloni C, Gariazzo C, Stafoggia M, Sozzi R, Davoli M, et al. Long-term exposure to urban air pollution and mortality in a cohort of more than a million adults in Rome. *Environ Health Perspect* 2013; 121(3): 324-331.
17. Khamutian R, Najafi F, Soltanian M, Shokoohizadeh MJ, Poorhaghighat S, Dargahi A, et al. The association between air pollution and weather conditions with increase in the number of admissions of asthmatic patients in emergency wards: a case study in Kermanshah. *Med J Islam Repub Iran* 2015; 29: 229.
18. Sharafi K, Khosravi T, Moradi M, Pirsaeheb M. Air quality and variations in PM10 pollutant concentration in Western Iran during a four-year period (2008–2011), Kermanshah—a case study. *J Eng Sci Technol* 2015; 10(1): 47-56.
19. Sobhan Ardakani S, Esmaili Sari A, Cheraghi M, Tayebi L, Ghasem Pouri SM. Determining air quality of Tehran City using Air Quality Index (AQI) in 2006. *Environmental Sciences and Technologies* 2006; 8(4): 33-38 (Persian).
20. Shahsavani A, Naddafi K, Haghighifard NJ, Mesdaghinia A, Yunesian M, Nabizadeh R, et al. Characterization of ionic composition of TSP and PM10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. *Environ Monit Assess* 2012; 184(11): 6683-6692.
21. Shahsavani A, Yarahmadi M, Hadei M, Sowlat MH, Naddafi K. Elemental and carbonaceous characterization of TSP and PM10 during Middle Eastern dust (MED) storms in Ahvaz, Southwestern Iran. *Environ Monit Assess*. 2017; 189(9): 462.
22. Shokri Ragheb P, Sobhan Ardakani S. Analysis of Co, Cr and Mn Concentrations in Atmospheric Dry Deposition in Hamadan City. *Sci Hamadan Univ Med Sci* 2016; 23(2): 149-156 (Persian).
23. Sobhanardakani S, Saedi M. Assessment of Particulate Matter, Free Silica and Toxic Gases Emissions from Khouzestan Cement Company. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2015; 25(125): 21-31 (Persian).
24. Hadei M, Hopke PK, Hashemi Nazari SS, Yarahmadi M, Shahsavani A, Alipour MR. Estimation of Mortality and Hospital

- Admissions Attributed to Criteria Air Pollutants in Tehran Metropolis, Iran (2013-2016). *Aerosol and Air Quality Research* 2017; 17(10): 2474-2481.
25. Kermani M, Aghaei M, Dolati M. Estimation the Number of Mortality due to cardiovascular and respiratory disease, Attributed to pollutants O₃, and NO₂ in the Air of Tehran. *Journal of Health Research in Community* 2016; 1(4): 1-11 (Persian).
 26. Moghaddam VK, Changani F, Mohammadi A, Hadei M, Ashabi R, Majd LE, et al. Sustainable development of water resources based on wastewater reuse and upgrading of treatment plants: a review in the Middle East. *Dsalination and Water Treathment* 2017; 65(2017): 463-473.
 27. Shahbazi H, Tagvayi S, Hosseini Vahid, Afshin H. Tehran's air pollution emission inventory for the year 2013- Volume II: mobile sources. Tehran, Iran: Tehran Air Quality Control Company; 2015. Report No.: QM/94/04/03/(U)/02 (Persian).
 28. Tohon HG, Fayomi B, Valcke M, Coppieters Y, Bouland C. BTEX air concentrations and self-reported common health problems in gasoline sellers from Cotonou, Benin. *Int J Environ Health Res* 2015; 25(2): 149-161.
 29. Hadei M, Aalipour M, Mengli Zadeh N, Pourzamani H. Ethylbenzene Removal from Aqueous Solutions by Nano Magnetic Particles. *Arch Hyg Sci* 2016; 5(1): 22-32 (Persian).
 30. US Department of Health (Human Services). Agency for toxic substances and disease registry. Toxicological Profile for Benzene Update Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2000.
 31. Fazlzadeh Davil M, Rostami R, Zarei A, Feizizadeh M, Mahdavi M, Mohammadi A, et al. A survey of 24 hour variations of BTEX concentration in the ambient air of Tehran. *J Babol Univ Med Sci* 2012; 14(Suppl 1): 50-55 (Persian).
 32. Sarkhosh M, Mahvi A, Zare M, Alavi J, Mohseni M. Assessment of volatile organic compound (voc) in Tehran air pollution in 2010-2011. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2013; 12(4): 271-278 (Persian).
 33. Taghvaii S, Mostafazadeh SM, Shahbazi A, Afshin H, Hosseini V. The inventory of pollutants emissions in 2013 for Tehran: Fourth volume: Mehrabad Airport, Railway Station and Bus terminals-QM/94/04/03/(U)/04. Tehran Air Quality Control Company 2013 (Persian).
 34. Mehdipour A, Rashidi Nia H. Is Mehrabad Airport a Brownfield Site? *Current Urban Studies* 2014; 2(1): 13-19.
 35. Ebrahimi M, Gahangirian A. Assessing the effect of Mehrabad airport on local 19 air quality. 2th International combustion Iran Conference; Mashhad, 2008 (Persian).
 36. Azari MR, Massoudi Nejad MR, Motesadi S. A New Sampler and Analysis Method for BTEX in Ambient Air. *Tanaffos*. 2008; 7(3): 47-52 (Persian).
 37. Psanis C, Triantafyllou E, Giamarelou M, Manousakas M, Eleftheriadis K, Biskos G. Particulate matter pollution from aviation-related activity at a small airport of the Aegean Sea Insular Region. *Sci Total Environ* 2017; 596: 187-193.
 38. Schürmann G, Schäfer K, Jahn C, Hoffmann H, Bauerfeind M, Fleuti E, et al. The impact of NO_x, CO and VOC emissions on the air quality of Zurich airport. *Atmos Environ* 2007; 41(1): 103-118.
 39. Quansah E, Amekudzi L, Preko K. The influence of temperature and relative humidity on indoor ozone concentrations during the

- Harmattan. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences 2012; 3(5): 863-867.
40. Ocak S, Turalioglu FS. Effect of meteorology on the atmospheric concentrations of traffic-related pollutants in Erzurum, Turkey. J Int Environmental Application & Science 2008; 3(5): 325-335.
 41. Zhang H, Wang Y, Hu J, Ying Q, Hu XM. Relationships between meteorological parameters and criteria air pollutants in three megacities in China. Environ Res 2015; 140: 242-254.
 42. Hu XM, Zhang Y, Jacobson MZ, Chan CK. Coupling and evaluating gas/particle mass transfer treatments for aerosol simulation and forecast. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 2008; 113(D11).
 43. Sandeep A, Rao TN, Ramkiran C, Rao S. Differences in atmospheric boundary-layer characteristics between wet and dry episodes of the Indian summer monsoon. Boundary-Layer Meteorology 2014; 153(2): 217-236.
 44. Derwent RG, Jenkin ME, Saunders SM, Pilling MJ. Photochemical ozone creation potentials for organic compounds in northwest Europe calculated with a master chemical mechanism. Atmos Environ 1998; 32(14-15): 2429-2441.
 45. Unal A, Hu Y, Chang ME, Odman MT, Russell AG. Airport related emissions and impacts on air quality: Application to the Atlanta International Airport Atmos Environ 2005; 39(32): 5787-5798.