Journal of North Khorasan University of Medical Sciences
No 39, Volume 10, Issue 3

Research Article

Study of Taxi Dirver s Exposure to Respirable Particles (PM 2.5) in Bojnord City

Mahmoud Mohammadyan [1], Shahab Al-e-sheikh [2,*], Jamshid Yazdani Charati [3], Raziye Yoosefinejad [4]

[1] Professor, PhD of Air Pollution, Health Sciences Research Center, School of Health, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran

[2] MSc, Department of Occupational Health, School of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

[3] Associate Professor of Biostatistics, School of Health Immunogenetic Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

[4] BC, Department of Occupational Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

* **Corresponding author:** Shahab Al-e-sheikh, M.Sc, Department of Occupational Health, School of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. E-mail: Shahab_a499@yahoo.com

DOI: 10.21859/nkjmd-10039

How to Cite this Article:
Mohammadyan M, Al-e-sheikh S, Yazdani Charati J, Yoosefinejad R. Study of Taxi Dirver s Exposure to Respirable Particles (PM 2.5) in Bojnord City. *J North Khorasan Univ Med Sci.* 2018;**10**(3): 52-59. DOI: 10.21859/nkjms-10039

Received: 22 Oct 2016
Accepted: 19 Feb 2017

Keywords:
Respirable Particles
$PM_{2.5}$
Individual Exposure
Taxi Driver

Abstract

Introduction: Recent studies indicate that the released caused by traffic jams to increase mortality and hospitalization of patients as a result of cardiovascular disease This study tries to investigate the density of $PM_{2.5}$ dust particles to which taxi drivers are exposed in Bojnord.

Methods: In this study, the density of $PM_{2.5}$ dust particles was measured for 677 taxi drivers in 12 main routes of Bojnord in 10 months using a sampling and direct decomposing instrument namely, Micro Dust Pro, to getter with a calibrated personal pump with debit 3.5 lit/min.

Results: The results of this study showed that the mean of exposure of drivers with $PM_{2.5}$, is 108.08 ± 229.64 μgm^{-3}. The minimum exposure for all drivers is 62.37± 79.95 μgm^{-3} and the highest exposure is 151.06± 96.396 μgm^{-3}.Environmental factors also affected the driver exposure level, with the highest exposure at wind speeds ($12ms^{-1}$, 134 ± 311.9 μgm^{-3}), wind direction 90-180 (144.8 ± 205 μgm^{-3}) In relative humidity, 81-100% (119 ± 250.9 μgm^{-3}), in cloudy weather (151.7 ± 297.1 μgm^{-3}), and kind of route (on the Shahid street to the airport) (151 ± 370 μgm^{-3}).

Results: The results of this study showed that the mean of exposure of drivers with PM2.5, is 108.08 ± 229.64 µgm-3. The minimum exposure for all drivers is 62.37± 79.95 µgm-3 and the highest exposure is 151.06± 96.396 µgm-3.Environmental factors also affected the driver exposure level, with the highest exposure at wind speeds (12ms-1, 134 ± 311.9 µgm-3), wind direction 90-180 (144.8 ± 205 µgm-3) In relative humidity, 81-100% (119 ± 250.9 µgm-3), in cloudy weather (151.7 ± 297.1 µgm-3), and kind of route (on the Shahid street to the airport) (151 ± 370 µgm-3).

Keywords: Respirable Particles, PM2.5, Individual Exposure, Taxi Driver

مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی
دوره ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

مقاله پژوهشی

بررسی مواجهه رانندگان تاکسی با ذرات گرد و غبار قابل استنشاق PM 2.5 در شهر بجنورد

محمود محمدیان [۱]، شهاب آل شیخ [۲*]، جمشید یزدانی چراتی [۳]، راضیه یوسفی نژاد [۴]

[۱] استاد، دکتری تخصصی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
[۲] کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
[۳] دکتری تخصصی آمار زیستی، گروه آمار اپیدمیولوژی دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشکده اعتیاد دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
[۴] کارشناس بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
[*] **نویسنده مسئول:** شهاب آل شیخ، کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران. ایمیل: Shahab_a499@yahoo.com

DOI: 10.21859/nkjms-10039

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۴
واژگان کلیدی:
ذرات قابل استنشاق
PM2.5
تماس فردی
راننده تاکسی

چکیده

مقدمه: ذرات منتشر شده ناشی از ترافیک زمینه را برای افزایش مرگ ومیر و بستری شدن افراد در نتیجه بیماریهای قلبی عروقی ایجاد می‌کند. هدف از انجام این مطالعه بررسی میزان مواجهه رانندگان تاکسی با ذرات $PM_{2.5}$ در خیابان‌ها و مسیرهای مختلف شهر بجنورد و عوامل مؤثر بر آن بوده است.

روش کار: در این مطالعه ۶۷۷ تاکسی غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در هوای منطقه تنفسی رانندگان با استفاده از یک دستگاه نمونه برداری و تجزیه مستقیم ذرات قابل استنشاق (Micro Dust Pro) همراه با یک پمپ نمونه بردار فردی کالیبره شده با دبی ۳/۵ لیتر بر دقیقه، اندازه گیری شد. غلظت ذرات در هوای منطقه تنفسی رانندگان در ۱۲ مسیر اصلی شهر بجنورد در مدت ۱۰ ماه اندازه گیری گردید و عوامل احتمالی مؤثر بر آن بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از اندازه گیری نشان داد که میانگین مواجهه رانندگان تاکسی با ذرات گردوغبار قابل استنشاق PM 2.5 معادل $\mu g/m^3$ ۲۲۹/۶۴ ± ۱۰۸/۰۸ معادل می‌باشد. کمترین میزان مواجهه برای کل رانندگان $\mu g/m^3$ ۷۹/۹۵ ± ۶۲/۳۷ و بیشترین میزان تماس $\mu g/m^3$ ۹۶/۳۹۶ ± ۱۵۱/۰۶ است. عوامل محیطی بر میزان مواجهه رانندگان تأثیر داشت بنحوی که بیشترین میزان مواجهه در سرعت باد m/s^1 ۱۲ ($\mu g/m^3$ ۳۱۱/۹ ± ۱۳۴)، در جهت باد ۱۸۰-۹۰ درجه ($\mu g/m^3$ ۲۰۵ ± ۱۴۴/۸)، در رطوبت نسبی ۱۰۰-۸۱ درصد ($\mu g/m^3$ ۲۵۰/۹ ± ۱۱۹)، در هوای ابری ($\mu g/m^3$ ۲۹۷/۱ ± ۱۵۱/۷) و در مسیر میدان شهید به فرودگاه ($\mu g/m^3$ ۳۷۰ ± ۱۵۱) می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از اندازه گیری نشان داد که میانگین مواجهه رانندگان تاکسی با ذرات گردوغبار قابل استنشاق PM 2.5 معادل $\mu g/m^3$ ۲۲۹/۶۴ ± ۱۰۸/۰۸ معادل می‌باشد. کمترین میزان مواجهه برای کل رانندگان $\mu g/m^3$ ۷۹/۹۵ ± ۶۲/۳۷ و بیشترین میزان تماس $\mu g/m^3$ ۹۶/۳۹۶ ± ۱۵۱/۰۶ است. عوامل محیطی بر میزان مواجهه رانندگان تأثیر داشت بنحوی که بیشترین میزان مواجهه در سرعت باد ($\mu g/m^3$ ۹/۳۱۱ ± ۱۳۴) m/s^1 ۱۲، در جهت باد ۱۸۰-۹۰ درجه ($\mu g/m^3$ ۱۴۴/۸ ± ۲۰۵)، در رطوبت نسبی ۱۰۰-۸۱ درصد ($\mu g/m^3$ ۲۵۰/۹ ± ۱۱۹)، در هوای ابری ($\mu g/m^3$ ۷۰/۱۵۱ ± ۲۹۷/۱) و در مسیر میدان شهید به فرودگاه ($\mu g/m^3$ ۱۵۱ ± ۳۷۰) می‌باشد.

واژگان کلیدی: ذرات قابل استنشاق، $PM_{2.5}$، تماس فردی، راننده تاکسی

مقدمه

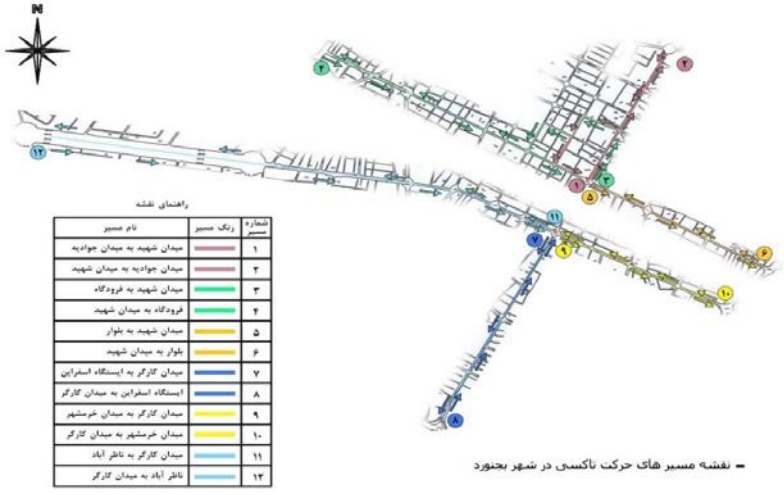
ذرات معلق هوابرد شهری ازآلاینده های اصلی هوا درمناطق شهری هستند که معمولاً از منابع مختلفی مانند اگزوز خودروها، فرایند احتراق صنعتی تولید می‌شوند [۱]. این ذرات عبارتند از ذرات ریز (PM: Particulate Matter) دی اکسید نیتروژن (NO_2)، مونواکسید کربن (CO) ترکیبات آلی فرار (VOCs)، فلزات سنگین (Heavy metals) و ذرات قابل استنشاق (Respirable Dust) که در ترکیب شیمیای شان خواص واکنشی، نشر، و انتشار در فواصل دور و نزدیک متفاوتند [۲]. این آلانینده ها را می‌توان به دو گروه آلاینده‌های اولیه ثانویه تقسیم کرد. آلاینده‌های اولیه آنهایی را شامل می‌شوند که به طور مستقیم از منابع تولید آلاینده منتشر می‌شوند. در حالیکه آلاینده‌های ثانویه گروهی از آلاینده‌ها هستند که در اتمسفر زمین از طریق واکنشهای شیمیایی بین آلاینده‌های اولیه ومواد شیمیایی که ه طور معمول در اتمسفر وجود دارند تشکیل می‌شوند [۳]. ذرات معلق هواذرات PM توسط قطر معادل آئرودینامیکی آنها توصیف می‌شوند. محقیق به طور سنتی ذرات را به دو قسمت اصلی بر اساس نحوه ایجاد و محل ته نشینی در بدن انسان تقسیم بندی کرده‌اند: به ترتیب ذرات

زیر ۱۰، ۲/۵ و ۰/۱ میکرون (PM_{10}، $PM_{2.5}$ و $PM_{0.1}$) [۴]. مطالعات متعددی نشان داده که مواجهه با ذرات معلق هوا با اثرات بهداشتی نظیر بیماریهای قلبی – عروقی و تنفسی در ارتباط است [۵]. آلودگی هوای نواحی شهری با افزایش شیوع عیوب عملکردی ریوی مرتبط است. بنابراین برتری شیوع علائم تنفسی و اختلال عملکرد ریوی در کودکانی که در نواحی با آلودگی بالا مشاهده شده است [۶]. اثرات بهداشتی ذرات ریز $PM_{2.5}$ در مطالعات اپیدمیولوژیک جدید شناخته شده است. مواجههای کوتاه و طولانی مدت با ذرات $PM_{2.5}$ به طور مستقیم با انواع اثرات بهداشتی مرتبط میباشد که شامل بیماریهای تنفسی و قلبی عروقی هستند. همچنین از اثرات غیر مستقیم این ذرات میتوان بیماریهای مختلفی بویژه سرطان را نام برد. بعلاوه در مطالعات سم شناسی مواجهه با ذرات $PM_{2.5}$ آسیبهای اکسیداتیو (DNA: Deoxyribonucleic Acid) مرتبط بوده [۲] مطالعات اپیدمیولوژیکی نشان داده که ذرات منتشر شده از وسایل نقلیه موتوری که در ترافیک جادهای ایجاد میشود پتانسیل بیشتری برای افزایش مرگ و میر و بستری شدن افراد در نتیجه بیماریهای قلبی و عروقی دارد [۷]. مطالعات انجام شده در لندن نشان میدهد که غلظت ذرات معلق قابل استنشاق $PM_{2.5}$ یا ذرات ریز با شرایط آب و هوایی مانند درجه حرارت هوا و جریان باد ارتباط دارد [۸]. در مطالعه انجام شده توسط محمدیان و همکاران در سال ۱۳۸۶ در شهر ساری برای تعیین میزان مواجهه رانندگان تاکسی با ذرات PM_{10} چنین نتیجه گیری شد که غلظت این ذرات در ساعات مختلف روز متفاوت بوده و غلظت ذرات در مسیرهای پر رفت و آمد و در بعد از ظهر بسیار بالاتر از هنگام صبح در همان مسیر بوده است [۹]. افزایش ذرات آلاینده هوا بدلیل ترافیک در شهرها نیاز به افزایش آگاهی درخصوص رفتارهای ترافیکی (حمل و نقلی) با تغییر نوع آمد و رفت مانند پیاده روی، استفاده از دوچرخه و طراحی سیستمهای نوین کنترل ترافیک را نشان میدهد [۱۰] افزایش غلظت ذرات قابل استنشاق در هوا منجر به بیماریهای ریوی و افزایش مرگ و میر در افراد جامعه و بخصوص شاغلین بخشهای حمل و نقل شهری میشود. مطالعات اپیدمیولوژیکی انجام شده نشان میدهد که ذرات منتشر شده از وسایل نقلیه موتوری که در ترافیک جادهای ایجاد میشود پتانسیل بیشتری را برای افزایش مرگ و میر و بستری شدن افراد در نتیجه بیماریهای قلبی و عروقی دارد. افزایش ترافیک در شهرهای بزرگ باعث افزایش غلظت آلایندهها و به خصوص ذرات قابل استنشاق در هوا میشود [۹]. شهر بجنورد نیز یکی از شهرهای در حال گسترش است که به دنبال تبدیل شدن به مرکز استان خراسان شمالی، توسعه و افزایش جمعیت شهری، افزایش ترافیک ومشکلات ناشی از آن مشاهده میشود. نقل مکان مکرر شهروندان در سطح شهر بجنورد توسط سیستم حمل و نقل درون شهری مانند اتوبوس و تاکسی صورت میگیرد. از طرفی به دلیل وجود حدود ۷۶۰ تاکسی فعال (به غیر از مؤسسات مسافربری درون شهری مانند آژانسهای تاکسی تلفنی) و نزدیک به ۸۰۰ راننده شاغل که مجبور به توقفهای مکرر در مسیرهای مختلف به دلیل وجود چراغهای راهنمایی متعدد در تقاطعها هستند و زمان نسبتاً طولانی (حداقل بین ۸ تا ۱۰ ساعت) برای رانندگی در مسیرهای متفاوت مناطق شهری شامل مناطق تجاری، صنعتی، اداری، مسکونی صرف میکنند، تماس با آلاینده کنندههای هوا دور از انتظار نیست. با توجه به مطالعات گذشته در این خصوص و اثبات آسیبهای مختلفی که از ذرات گرد و غبار قابل استنشاق $PM_{2.5}$ ایجاد میشود؛ و نیز انجام نشدن این مطالعه در شهر بجنورد، تحقیق حاضر با هدف تعیین غلظت گرد و غبار قابل استنشاق $PM_{2.5}$ در منطقه تنفسی رانندگان تاکسی در دوره زمانی شهریور سال ۱۳۹۳ تا خرداد ماه سال ۱۳۹۴ در شهر بجنورد انجام شد.

روش کار

پژوهش مورد نظر بوده و یک مطالعه توصیفی- تحلیلی به منظور تعیین دادن میزان مواجهه رانندگان تاکسی شهر بجنورد با ذرات قابل استنشاق $PM_{2.5}$ درون اتاق تاکسی موکرد صورت گرفت.

در شهر بجنورد به طور تقریبی ۷۶۰ تاکسی عمومی درون شهری فعالیت دارند که در مسیرهای مختلف تردد میکنند (تصویر ۱). این مطالعه در ۱۲ مسیر عمده حمل و نقل مسافر درون شهری انجام شد. این مسیرها پس از مکاتبه و مراجعه حضوری در معاونت فنی شهرداری بجنورد و سازمان تاکسی رانی شهر بجنورد تعیین گردید. نمونه برداری در هوای داخل ۶۷۷ تاکسی در ۱۲ مسیر عمده و اصلی حرکت تاکسیها در شهر بجنورد انجام شد.



تصویر ۱: موقعیت خیابانها و مسیرهای عمده ترافیکی شهر بجنورد

در این مطالعه ۶۷۷ نفر راننده تاکسی بصورت داوطلب شرکت نمودند. رانندگان تاکسی مسافران را در ابتدای مسیر سوار می‌کنند و در طول مسیر بر حسب درخواست آن‌ها را پیاده و مسافرین جدید را سوار می‌کنند. برای اندازه گیری ذرات قابل استنشاق دستگاه نمونه برداری توسط محقق که در صندلی جلوی تاکسی قرار داشت، در ناحیه تنفسی راننده قرار می‌گرفت. اندازه گیری غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در طول هر مسیر رفت یا مسیر برگشت به طور جداگانه در هر یک از مسیرهای ۱۲ گانه حرکت تاکسی‌ها انجام شد.

در این مطالعه یک دستگاه استاندارد شده نمونه برداری و اندازه گیری مستقیم ذرات $PM_{2.5}$ (Micro Dust Pro, Cassella, UK) برای اندازه گیری غلظت ذرات قابل استنشاق که قطر آنها کمتر از ۲/۵ میکرون است ($PM_{2.5}$) مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه توانایی اندازه گیری و ثبت غلظت ذرات آلوده کننده هوا در اندازه‌های مختلف را دارد و به محقق این امکان را می‌دهد که داده‌های به دست آمده را به رایانه وارد کرده و تجزیه و تحلیل نماید. از آنجایی که این دستگاه در کارخانه برای نمونه برداری از ذرات خاص استاندارد شده است، باید صحت کارایی آن برای ذرات آلوده کننده در سایر محیط‌ها تعیین شود. به همین دلیل استاندارد سازی مجدد برای ذرات اندازه گیری شده از منطقه تنفسی رانندگان انجام شد. به منظور نمونه برداری از ذرات قابل استنشاق ($PM_{2.5}$) یک آداپتور و یک پیش فیلتر پلی اورتان عبور دهنده ذرات قابل استنشاق ($PM_{2.5}$) بر روی پروپ نمونه برداری نصب گردید. نمونه هوا توسط یک پمپ نمونه بردار (مدل SIBATA MP-2N ساخت کشور ژاپن) با جریان هوای ۳/۵ لیتر بر دقیقه از پرآب دستگاه عبور می‌کرد و پس از اندازه گیری مستقیم غلظت ذرات و ذخیره داده‌ها در دستگاه، ذرات قابل استنشاق بر روی یک فیلتر از جنس PVC (با قطر ۳۷mm و پورسایز ۲μm) جمع آوری می‌گردید. برای جذب رطوبت از سطح فیلتر که می‌تواند بر وزن فیلتر و گرد و غبار جمع شده بر روی آن تأثیر گذار باشد، فیلتر قبل و بعد از نمونه برداری برای مدت ۲۴ ساعت در داخل یک دسیکاتور قرار گرفته و سپس وزن می‌گردید. فیلترها توسط یک ترازوی دیجیتال (مدل Sartorius ME5 ساخت کشور آلمان با دقت یک میکروگرم) توزین شد. با اندازه گیری جرم ذرات جمع آوری شده بر روی فیلتر و حجم هوای نمونه برداری شده توسط پمپ، میانگین غلظت ذرات از طریق جرم سنجی نیز بدست آمد. در طی دوره نمونه از ابتدای از شهریور سال ۱۳۹۳ لغایت خرداد سال ۱۳۹۴ همزمان با اندازه گیری غلظت مستقیم ذرات توسط دستگاه از پنج فیلتر نمونه و یک فیلتر شاهد برای محاسبه غلظت جرمی ذرات استفاده گردید و در نهایت با تقسیم غلظت جرمی بر میانگین غلظت اندازه گیری شده توسط دستگاه، ضریب استاندارد سازی برای غلظت ذرات قابل استنشاق ۱/۱ تعیین گردید. این ضریب در کلیه داده‌های ثبت شده مستقیم توسط دستگاه ضرب شد تا غلظت واقعی ذرات بدست آید. طی حرکت تاکسی و انجام اندازه گیری مستقیم غلظت ذرات توسط دستگاه، تمام شرایط محیطی مؤثر بر آلودگی هوا مانند سرعت باد، جهت جریان باد، رطوبت نسبی، ابری یا آفتابی بودن هوا و فعالیتهای سوار و پیاده شدن مسافرین بر اساس پرسشنامه‌ای که حاوی اطلاعات فرضیات تحقیق بود تکمیل گردید. اطلاعات شرایط آب و هوایی از اداره هواشناسی بجنورد گرفته شد. اندازه گیری‌ها در ۳ فصل گرم، معتدل و سرد انجام شد. اندازه گیری در سه نوبت زمانی صبح (از ساعت ۱۰ الی ۱۱)، ظهر (از ساعت ۱۱ الی ۱۳) و عصر/شب (از ساعت ۱۷ الی ۲۱) انجام شد.

در پایان هر روز داده‌های جمع آوری شده از دستگاه قرائت مستقیم ذرات توسط نرم افزار دستگاه استخراج گردید. این داده‌ها به همراه سایر اطلاعات محیطی که از پرسشنامه به دست آمده بود در نرم افزار Excel وارد گشته و سپس با استفاده از نرم افزار آماری IBM SPSS Statistics v.20.0 بازخوانی و توسط آزمونهای ناپارمتری کروسکال والیس و من ویتنی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها

نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که میانگین مواجهه رانندگان تاکسی شهر بجنورد با ذرات قابل استنشاق $PM_{2.5}$ ۲۲۹/۶۴ $\mu g/m^3$ ± ۱۰۸/۰۸ است که بیشتر از استاندارد غلظت ۲۴ ساعته این ذرات است. کمترین میزان مواجهه برای کل رانندگان $\mu g/m^3$ ۷۹/۹۵ ± ۶۲/۳۷ و بیشترین میزان تماس ۹۶/۳۹۶ $\mu g/m^3$ ± ۱۵۱/۰۶ است.

جدول ۱: میانگین ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ و سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه

مواجهه		حداکثر $\mu g/m^3$	حداقل $\mu g/m^3$	میانگین± انحراف معیار $\mu g/m^3$	تعداد	متغیر
P-Value						طبقه سرعت باد
						سرعت باد m/s^1
P > ۰/۰۰۱	۳-۶	۱۵۸۴	۰	۱۰۵/۷ ± ۱۳۴/۴۸	۱۵۳۱	۰-۳
P = ۰/۰۰۲	۶-۱۲	۳۶۰۲/۵	۰	۹۹/ ۰۳± ۲۱۹/۹۷	۲۴۷	۳-۶
P = ۰/۸۷۳	< ۱۲	۳۶۰۲/۵	۰	۹۹/ ۰۳± ۲۱۹/۹۷	۲۴۷	۳-۶
P > ۰/۰۰۱	< ۱۲	۴۲۳۵	۰	۱۳۴/۰۰۷ ± ۳۱۱/۹	۱۰۱۵	۶-۱۲
P > ۰/۰۰۱	۶-۱۲	۳۳۴/۴	۶/۶	۵۱/۹۳ ± ۴۰/۹۴	۲۵۷۷	< ۱۲

آزمون کروسکال والیس نشان داد که بین میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ در سرعت‌های باد مختلف تفاوت معنی داری وجود دارد (P > ۰/۰۰۱). این مساله نشان می‌دهد که فرضیه تحقیق تأیید شده است. آزمون کروسکال والیس نشان داد که بین جهت جریان باد و ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ تفاوت معنی داری وجود دارد (P > ۰/۰۰۱). این مساله نشان می‌دهد که فرضیه تحقیق تأیید شده است.

آزمون آماری ناپارامتری کروسکال والیس نشان داد که بین میانگین ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ و رطوبت نسبی تفاوت معنی داری وجود دارد (P > ۰/۰۰۱). این مساله نشان می‌دهد که فرضیه تحقیق تأیید شده است.

آزمون آماری ناپارامتری کروسکال والیس نشان دادکه بین غلظت ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ و شرایط هوای ابری یا آفتابی تفاوت معنی داری وجود دارد (P > ۰/۰۰۱). این مساله نشان می‌دهد که فرضیه تحقیق

تأیید شده است. آزمون آماری ناپارامتری کروسکال والیس نشان داد که بین میانگین مواجهه با ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ در مسیرهای ۱ الی ۱۰ تفاوت معنی داری وجود دارد ($P > ۰/۰۰۱$). این مساله نشان می‌دهد که فرضیه تحقیق در این مسیرها تأیید شده است.

جدول ۲: میانگین ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ و جهت جریان باد بر حسب درجه

مواجهه						
P-Value		حداکثر $\mu g/m^3$	حداقل $\mu g/m^3$	میانگین± انحراف معیار $\mu g/m^3$	تعداد	طبقه جهت باد
						جهت باد درجه
$P > ۰/۰۰۱$	۹۱ – ۱۸۰	۳۶۰۲/۵	۰	۱۱۱/۱۳ ± ۲۶۲/۵۷	۱۵۳۱	۰-۹۰
$P > ۰/۰۰۱$	۱۸۱ – ۲۷۰					
$P > ۰/۰۰۱$	۲۷۱ – ۳۶۰	۲۴۷	۱/۱	۱۴۴/۷۵ ± ۲۰۵/۰۳	۲۴۷	۹۱-۱۸۰
$P > ۰/۰۰۱$	۱۸۱ – ۲۷۰	۱۰۱۵	۰	۱۲۷/۴ ± ۲۱۱/۴۹	۱۰۱۵	۱۸۱-۲۷۰
$P > ۰/۰۰۱$	۲۷۱ – ۳۶۰	۲۵۷۷	۰	۹۵/۱۶ ± ۲۱۶/۶	۲۵۷۷	۲۷۱-۳۶۰

جدول ۳: میانگین ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ و رطوبت نسبی

P-Value		میانگین± انحراف معیار $\mu g/m^3$	تعداد	رطوبت نسبی
$P > ۰/۰۰۱$	۲۱-۴۰	۱۰۰/۲ ± ۱۶۶/۵۴	۹۰	۰ – ۲۰
$P > ۰/۰۰۱$	۶۱-۸۰	۱۰۰/۲ ± ۱۶۶/۵۴	۹۰	۰ – ۲۰
$P > ۰/۰۰۱$	۸۱-۱۰۰	۱۰۰/۲ ± ۱۶۶/۵۴	۹۰	۰ – ۲۰
$P > ۰/۰۰۱$	۴۱-۶۰	۴۹/۶۴ ± ۴۴/۲	۹۳	۲۱-۴۰
$P > ۰/۰۰۱$	۶۱-۸۰	۱۹/۳۵ ± ۱۰/۹۱	۴۷	۴۱-۶۰
$P > ۰/۰۰۱$	۸۱-۱۰۰	۱۹/۳۵ ± ۱۰/۹۱	۴۷	۴۱-۶۰
$P > ۰/۰۰۱$	۰-۲۰	۱۱۸/۹۹ ± ۲۵۰/۹۳	۴۳۶۳	۸۱-۱۰۰

جدول ۴: میانگین ذرات قابل استنشاق $PM2.5$ در شرایط آب و هوایی مختلف

P-Value		میانگین ± انحراف معیار μgm^{-3}	تعداد	شرایط آب و هوایی
$P > ۰/۰۰۱$	نیمه ابری	۵۹/۵۹ ± ۸۲/۴۹	۷۹۴	آفتابی
$P > ۰/۰۰۱$	ابری	۵۹/۵۹ ± ۸۲/۴۹	۷۹۴	آفتابی
$P > ۰/۰۰۱$	بارندگی	۵۹/۵۹ ± ۸۲/۴۹	۷۹۴	آفتابی
$P > ۰/۰۰۱$	صاف	۵۹/۵۹ ± ۸۲/۴۹	۷۹۴	آفتابی
$P > ۰/۰۰۱$	ابری	۱۰۱/۸۴ ± ۱۳۱/۲۱	۵۷۳	نیمه ابری
$P > ۰/۰۰۱$	بارندگی	۱۰۱/۸۴ ± ۱۳۱/۲۱	۵۷۳	نیمه ابری
$P > ۰/۰۰۱$	بارندگی	۱۵۱/۶۹ ± ۲۹۷/۱۳	۱۴۸۶	ابری
$P > ۰/۰۰۱$	صاف	۱۵۱/۶۹ ± ۲۹۷/۱۳	۱۴۸۶	ابری
$P > ۰/۰۰۱$	صاف	۵۷/۶۶ ± ۹۶/۹۵	۴۳۶۳	بارندگی
$P > ۰/۰۰۱$	صاف	۱۱۷/۰۲ ± ۲۶۴/۶۱	۱۷۵۶	صاف

بحث

نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که میانگین کلی مواجهه رانندگان تاکسی با ذرات PM2.5 در کل مسیرهای تاکسی رانی شهر بجنورد ۱۰۸/۰۸ ± ۲۲۹/۶۴ µgm-3 بود که در مقایسه با استانداردهای ارائه شده توسط EPA و سازمان حفاظت محیط زیست ایران ۳۵ µgm-3 بالاتر از حدود مجاز می‌باشد. همچنین سازمان بهداشت جهانی استاندارد ذرات PM2.5 را ۲۵µg/m3 گزارش داده است [۱۱-۱۳]. در این مطالعه استانداردهای ارائه شده برای ذرات قابل استنشاق $PM_{2.5}$ در هوا برای دوره‌های زمانی ۲۴ ساعته و یک ساله و بر اساس اندازه گیری توسط ایستگاه‌های ثابت پایش آلودگی هوا در شهرها و روستاها توسط انجمن محیط زیست آمریکا ارائه شده است. ولی با توجه به اینکه نمونه برداری‌های انجام شده در این بررسی در شرایط آب و هوایی مختلف انجام شده است و به دلیل عدم وجود این ایستگاه‌ها در شهر بجنورد و با توجه به اینکه غلظت‌های بدست آمده خیلی بالاتر از حدود استاندارد است می‌توان انتظار داشت که رانندگان تاکسی در شهر بجنورد در معرض تراکم بالایی از ذرات قابل استنشاق $PM_{2.5}$ قرار داشته باشند.

این مطالعه نشان داد که سرعت جریان باد در شهر بجنورد بر میزان تماس رانندگان تاکسی با ذرات $PM_{2.5}$ تأثیر دارد. بیشترین مواجهه فردی با ذرات قابل استنشاق $PM_{2.5}$ (۱۳۴ ± ۳۱۱/۹ $\mu g/m^3$) مربوط به راننده‌ای است که در سرعت باد ۰-۳ m/s^1 مشغول رانندگی بوده است و کمترین مواجهه فردی (۵۱/۹ ± ۴۰/۱ $\mu g/m^3$) برای راننده‌ای است که در هوای با سرعت جریان باد بیش از ۱۲ m/s^1 بوده است. نتایج حاصل از این بررسی مشابه با نتایج حاصل از مطالعاتی است که توسط محققین دیگر در کشورهای آسیایی و اروپایی انجام شده است می‌باشد. بعنوان مثال Burcu Onat و همکارن در مطالعه‌ای در استامبول در سال ۲۰۰۸ انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در سرعتهای بیش از ۲ متر بر ثانیه باعث کاهش مواجهه گردیده است [۱۴].

جدول ۵: میانگین ذرات قابل استنشاق $PM_{2.5}$ در مسیرهای حرکت تاکسی‌ها

P-Value		میانگین ± انحراف معیار μgm^{-3}	تعداد
شماره ۱ میدان شهید به میدان جوادیه			
> ۰/۰۰۱	میدان کارگر به ناظر آباد	۷۴/۲۸ ± ۱۲۷/۷۵	۳۷۰
> ۰/۰۰۱	ناظر آباد به میدان کارگر	۷۴/۲۸ ± ۱۲۷/۷۵	۳۷۰
شماره ۲ میدان جوادیه به میدان شهید			
> ۰/۰۰۱	میدان کارگر به ناظر آباد	۶۷/۶۰ ± ۷۴/۳۲	۴۸۲
> ۰/۰۰۱	ناظر آباد به میدان کارگر	۶۷/۶۰ ± ۷۴/۳۲	۴۸۲
شماره ۳ میدان شهید به بلوار			
> ۰/۰۰۱	میدان کارگر به ناظر آباد	۸۰/۱۸ ± ۱۱۷/۲۴	۳۷۴
> ۰/۰۰۱	ناظر آباد به میدان کارگر	۸۰/۱۸ ± ۱۱۷/۲۴	۳۷۴
شماره ۴ بلوار به میدان شهید			
> ۰/۰۰۱	کارگر به ایستگاه اسفراین	۶۲/۳۷ ± ۷۹/۹۵	۶۳۳
> ۰/۰۰۱	کارگر به خرمشهر	۶۲/۳۷ ± ۷۹/۹۵	۶۳۳
> ۰/۰۰۱	کارگر به ناظراباد	۶۲/۳۷ ± ۷۹/۹۵	۶۳۳
> ۰/۰۰۱	ناظراباد به کارگر	۶۲/۳۷ ± ۷۹/۹۵	۶۳۳
شماره ۵ میدان شهید به فرودگاه			
> ۰/۰۰۱	کارگر به ناظراباد	۱۵۱/۰۶ ± ۳۶۹/۹۶	۴۵۸
> ۰/۰۰۱	ناظراباد به کارگر	۱۵۱/۰۶ ± ۳۶۹/۹۶	۴۵۸
شماره ۶ فرودگاه به میدان شهید			
> ۰/۰۰۱	کارگر به ایستگاه اسفراین	۸۴/۶۶ ± ۱۳۵	۳۸۰
> ۰/۰۰۱	کارگر به ناظراباد	۸۴/۶۶ ± ۱۳۵	۳۸۰
> ۰/۰۰۱	ناظراباد به کارگر	۸۴/۶۶ ± ۱۳۵	۳۸۰
شماره ۷ میدان کارگر به ایستگاه اسفراین			
> ۰/۰۰۱	خرمشهر به کارگر	۱۰۲/۰۵ ± ۱۳۱/۳۳	۳۷۸
> ۰/۰۰۱	ناظراباد به کارگر	۱۰۲/۰۵ ± ۱۳۱/۳۳	۳۷۸
شماره ۸ ایستگاه اسفراین به میدان کارگر			
> ۰/۰۰۱	کارگر به ناظراباد	۷۵/۷۱ ± ۸۳/۳۲	۳۷۹
> ۰/۰۰۱	ناظراباد به کارگر	۷۵/۷۱ ± ۸۳/۳۲	۳۷۹
شماره ۹ میدان کارگر به میدان خرمشهر			
> ۰/۰۰۱	کارگر به ناظراباد	۱۰۶/۱۵ ± ۱۴۷/۴۸	۲۵۷
> ۰/۰۰۱	ناظراباد به کارگر	۱۰۶/۱۵ ± ۱۴۷/۴۸	۲۵۷
شماره ۱۰ میدان خرمشهر به میدان کارگر			
> ۰/۰۰۱	کارگر به ناظراباد	۱۰۹/۲۴ ± ۲۹۸/۴۵	۴۲۱
> ۰/۰۰۱	ناظراباد به کارگر	۱۰۹/۲۴ ± ۲۹۸/۴۵	۴۲۱
شماره ۱۱ میدان کارگر به ناظر آباد			
= ۰/۰۰۰	شماره ۱ میدان شهید به میدان جوادیه	۱۰۲ ± ۱۹۱/۲	۵۸۰
= ۰/۰۰۰	شماره ۲ میدان جوادیه به میدان شهید	۱۰۲ ± ۱۹۱/۲	۵۸۰
= ۰/۰۰۵	شماره ۳ میدان شهید به بلوار	۱۰۲ ± ۱۹۱/۲	۵۸۰
= ۰/۰۰۰	شماره ۴ بلوار به میدان شهید	۱۰۲ ± ۱۹۱/۲	۵۸۰
= ۰/۰۰۰	شماره ۱۲ ناظر آباد به میدان کارگر	۱۰۲ ± ۱۹۱/۲	۵۸۰
شماره ۱۲ ناظر آباد به میدان کارگر			
= ۰/۰۰۰	شماره ۱ میدان شهید به میدان جوادیه	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۲ میدان جوادیه به میدان شهید	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۳ میدان شهید به بلوار	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۴ بلوار به میدان شهید	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۶ فرودگاه به میدان شهید	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۷ میدان کارگر به ایستگاه اسفراین	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۸ ایستگاه اسفراین به میدان کارگر	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۹ میدان کارگر به میدان خرمشهر	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۱۰ میدان خرمشهر به میدان کارگر	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵
= ۰/۰۰۰	شماره ۱۱ میدان کارگر به ناظر آباد	۱۰۵ ± ۲۳۰	۶۹۵

در مطالعه‌ای که توسط Adams, HS در سال ۱۹۹۹-۲۰۰۰ در لندن انجام دادند به این نتیجه رسیدند که سرعت جریان باد اثر عمده‌ای بر مواجهه فردی با ذرات قابل استنشاق $PM_{2.5}$ داشته. در واقع سرعت جریان باد بر نرخ رقیق سازی این ذرات توسط تمیز کننده‌های هوا اثر داشته اما اثر واقعی بر مواجهه با ذرات واضح نیست [۱۵]. مطالعه موجود به این نتیجه رسید که بیشترین مواجهه فردی مربوط به راننده

ایست که در زمان رانندگی در مسیر بادی با جهت‌های بین ۱۸۰-۹۱ درجه (جنوب – جنوب شرق شهر بجنورد) قرار داشته است ($\mu g/m^3$ ۲۰۵/۰۳ ± ۱۴۴/۷۵) و کمترین مواجهه فردی برای راننده‌ای که در زمانی رانندگی کرده است که مسیر باد در جهت‌های بین ۳۶۰-۲۷۱ درجه (شمال – شمال غرب شهر بجنورد) بوده است ($\mu g/m^3$ ۲۱۶/۶۰ ± ۹۵/۱۶). این موضوع احتمالاً به دلیل وجود شهرک صنعتی شماره یک بجنورد در نزدیکی شهر و در تعدادی کارگاه سنگ شکن و همچنین فعالیت پروژه ساخت کنار گذر شمالی بجنورد و تاثیرات آن بر آلودگی زمینه هوای شهر بجنورد باشد. زیرا جهت وزش باد از هوای این مناطق به سمت شهر از شمال غرب به جنوب شرق بوده است. اگرچه مطالعات کمی بر جهت جریان باد و تأثیر آن بر مواجهه با ذرات $PM_{2.5}$ صورت گرفته است اما در مطالعه‌ای که توسط Wu D-L و همکارن در سال ۲۰۱۱ در شهر Foshan چین انجام شد این نتیجه بدست آمد که بیشترین مواجهه با ذرات $PM_{2.5}$ هنگامی صورت گرفته که جهت جریان باد جنوب غربی و شمال شرقی بوده است [۲]. همچنین در مطالعه Aurelie Charron و همکاران در سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ در Westminster انجام دادند به این نتیجه رسیدند که میانه غلظت ذرات قابل استنشاق PM2.5 در سرعت باد کمتر از یک متر بر ثانیه تا بیش از ۹ متر بر ثانیه به ترتیب از ۲۵ تا ۱۸ میکروگرم بر متر مکعب تغییر می‌کند [۱۶]. بررسی انجام شده نـشان داد که بیشترین مواجهه فردی مربوط به راننده ایست که در هوایی با رطوبت نسبی بین ۸۱ تا ۱۰۰ درصد مشغول رانندگی بوده و میزان مواجهه وی برابر $\mu g/m^3$ ۲۵۰/۹ ± ۱۱۸/۹۹ بوده است. همچنین کمترین مواجهه فردی برای راننده‌ای است که در رطوبت نسبی ۴۱ تا ۶۰ درصد رانندگی می‌کرده است ($\mu g/m^3$ ۱۰/۹۱ ± ۱۹/۳۵). به عبارت دیگر این گروه از رانندگان هوای نسبتاً تمیزتری را استنشاق می‌کنند. برخلاف مطالعه حاضردر مطالعه‌ای که توسط Alm و همکاران در سال ۱۹۹۵ در Kuopio فنلاند انجام شد به این نتیجه رسیدند که رطوبت نسبی اثر افزایشی بر مواجهه فردی با ذرات قابـــل استنـــشاق PM2.5 دارد [۱۷]. بررسی انجام شده نـشان داد که بیشترین مواجهه فردی مربوط به راننده ایست که در شرایط هوای ابری مشغول رانندگی بوده و میزان مواجهه وی برابر $\mu g/m^3$ ۲۹۷/۱ ± ۱۵۱/۷ بوده است. همچنین کمترین مواجهه فردی برای راننده‌ای است که در شرایط هوای بارندگی رانندگی می‌کرده است و میزان مواجهه فردی وی و برابر $\mu g/m^3$ ۹۷ ± ۵۷/۷ است. به عبارت دیگر این گروه از رانندگان هوای تمیزتری را استنشاق می‌کنند. همسو با مطالعه حاضر در مطالعه‌ای که محمدیان و همکاران در سال ۱۳۸۵ در شهر ساری انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بیشترین میانگین غلظت مواجهه با ذرات قابل استنشاق PM2.5 مربوط به وضعیت ابری است [۹]. بررسی انجام شده نـشان داد که بیشترین مواجهه فردی مربوط به راننده ایست که در مسیر میدان شهید به فرودگاه حرکت کرده و برابر $\mu g/m^3$ ۳۷۰ ± ۱۵۱ بوده است. همچنین کمترین مواجهه فردی برای راننده‌ای است که در مسیر جوادیه به شهید رانندگی می‌کرده و میزان مواجهه فردی وی برابر $\mu g/m^3$ ۷۴ ± ۶۸ گزارش شده است. در مطالعه‌ای مشابه توسط E. Diapouli و همکاران در سال ۲۰۰۴ در شهر آتن صورت گرفت به این نتیجه رسیدند که غلظت سطوح ذرات PM۱۰ در خیابانهای مهم شهر آتن در ساعات شلوغی و ترافیک سنگین معنی‌دار بوده و رانندگی در خیابانهای مراکز بازرگانی در سطوح بالایی بوده است (۱۶۰ µg/m۳ – ۷۰) [۱۸].

محدودیت های مطالعه

اجازه ورود و انجام نمونه برداری توسط راننده به پژوهش گر که شرط اخلاقی نمونه گیری بوده، نمونه گیری مبتنی بر هدف انجام شد به علت اینکه این پژوهش در فضای غیر آزمایشگاهی (واقعی و طبیعی شهر بجنورد) انجام شد امکان کنترل بسیاری از متغییرها وجود نداشت که این خود در نتیجه گیری نهایی این پژوهش تأثیر گذار بود.

با توجه به هماهنگی و مکاتبات به عمل آمده با سازمان تاکسی رانی بجنورد مسیرهای پرتردد به پژوهشگر معرفی شد که ممکن است نتیجه بدست آمده با سایر مسیرهای تاکسی شهر همخوانی نداشته باشد.

پیشنهادات

از آنجایی که این مطالعه طی ۱۰ ماه سال از ابتدای از شهریور سال ۱۳۹۳ لغایت خرداد سال ۱۳۹۴ انجام شد لذا پیشنهاد می‌گردد درصورت انجام مطالعات مشابه آتی به گونه‌ای برنامه ریزی شود تا بازه زمانی ۱۲ ماهه نمونه گیری صورت پذیرد.

نتیجه گیری

در انتها می‌توان این گونه نتیجه گرفت که با توجه به سرعت جریان باد، جهت جریان باد، رطوبت‌های نسبی، شرایط آب و هوایی مانند آفتابی و ابری بودن هوا و مسیر تردد تاکسی‌ها بر ورود ذرات قابل استنشاق $PM_{2.5}$ به درون کابین خودرو تأثیر گذار بوده.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل از طرح تحقیقاتی شماره ۱۱۹۴ دانشگاه علوم پزشکی مازندران است بنابراین از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی مازندران به خاطر حمایت‌های مادی و معنوی در طول تحقیق سپاسگزاریم. همچنین از پرسنل محترم سازمان تاکسی رانی ومعاونت فنی شهرداری بجنورد و کلیه رانندگان زحمتکش که نهایت همکاری را در انجام این تحقیق داشتند متشکریم.

References

1. Funasaka K, Miyazaki T, Tsuruho K, Tamura K, Mizuno T, Kuroda K. Relationship between indoor and outdoor carbonaceous particulates in roadside households. Environ Pollut. 2000;110(1):127-34. pmid: 15092862
2. Wu D-L, Lin M, Chan C-Y, Li W-Z, Tao J, Li Y-P, et al. Influences of Commuting Mode, Air Conditioning Mode and Meteorological Parameters on Fine Particle (PM2.5) Exposure Levels in Traffic Microenvironments. Aerosol Air Qual Res 2013;13(2):709-20. doi: 10.4209/aaqr.2012.08.0212
3. Wark K, Warner C. Air pollution: its origin and control: Harper and Row Publishers; 1981.
4. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. J Med Toxicol. 2012;8(2):166-75. doi: 10.1007/s13181-011-0203-1 pmid: 22194192
5. Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. Environ Pollut. 2008;151(2):362-7. doi: 10.1016/j.envpol.2007.06.012 pmid: 17646040

6. Jinsart W, Kaewmanee C, Inoue M, Hara K, Hasegawa S, Karita K, et al. Driver exposure to particulate matter in Bangkok. J Air Waste Manag Assoc. 2012;62(1):64-71. pmid: 22393811
7. Mohammadian M, Ashmore M. Assessment of exposure to respirable particles (PM2. 5) concentrations in public transportation. J Mazandaran Univ Med Sci 2006;16(54):67-74.
8. Kaur S, Nieuwenhuijsen MJ. Determinants of personal exposure to PM2.5, ultrafine particle counts, and CO in a transport microenvironment. Environ Sci Technol. 2009;43(13):4737-43. pmid: 19673259
9. Mohammadyan M, Alizadeh A, Etemadinejad S. Personal exposure to PM10 among taxi drivers in Iran. Indoor Built Environ. 2010;19(5):538-45. doi: 10.1177/1420326X08101530
10. Karanasiou A, Viana M, Querol X, Moreno T, de Leeuw F. Assessment of personal exposure to particulate air pollution during commuting in European cities--recommendations and policy implications. Sci Total Environ. 2014;490:785-97. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.05.036 pmid: 24907613
11. US-EPA. National Ambient Air Quality Standards for six principal pollutants 2010 [cited 2018 April 18]. Available from: https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table.
12. Environment-Lab. Environmental Standards 2017 [cited 2018 April 18]. Available from: http://www.environment-lab.ir/environmental-standards.
13. WHO MC. Ambient (outdoor) air quality and health. Air Quality Guidelines: WHO; 2005 [cited 2018 April 18]. Available from: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/.
14. Onat B, Stakeeva B. Personal exposure of commuters in public transport to PM2.5 and fine particle counts. Atmosph Pollut Res 2013;4(3):329-35. doi: 10.5094/apr.2013.037
15. Adams HS, Nieuwenhuijsen MJ, Colvile RN. Determinants of fine particle (PM2.5) personal exposure levels in transport microenvironments, London, UK. Atmosph Environ 2001;35(27):4557-66. doi: 10.1016/s1352-2310(01)00194-7
16. Charron A, Harrison RM. Fine (PM2.5) and Coarse (PM2.5-10) Particulate Matter on A Heavily Trafficked London Highway: Sources and Processes. Environ Sci Technol. 2005;39(20):7768-76. doi: 10.1021/es050462i
17. Wang X, Oliver Gao H. Exposure to fine particle mass and number concentrations in urban transportation environments of New York City. Transport Res Part D Transport Environ. 2011;16(5):384-91. doi: 10.1016/j.trd.2011.03.001
18. Diapouli E, Grivas G, Chaloulakou A, Spyrellis N. PM10 and Ultrafine Particles Counts In-Vehicle and On-Road in the Athens Area. Water Air Soil Pollut Foc. 2007;8(1):89-97. doi: 10.1007/s11267-007-9136-8