مهندسی عمران شریف (پاییز ۱۳۹۷)
دوره‌ی ۲ - ۳۴، شماره‌ی ۳/۱، ص. ۱۹-۲۶

Original Article

بررسی آثار آلودگی هوا در میزان مرگ و میر و کاهش امید به زندگی با استفاده از توابع دوز ـ واکنش و اولویت‌بندی آلاینده‌های مسئول (مطالعه‌ی موردی: شهر مشهد)

محمد غیبی (دانشجوی کارشناسی ارشد)
سید محسن کرابی * (استادیار)
گروه مهندسی عمران، دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

در پژوهش حاضر، با استفاده از توابع دوز ـ واکنش و شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده‌ی آلودگی هوا برای شهر مشهد، میزان مرگ و میر در اثر بیماری‌های مزمن، کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های مزمن و حاد و نیز خطرهای حاصل از آلایندگی ازن ارزیابی شده است. در مطالعه‌ی حاضر، آلاینده‌های مسئول نیز از نقطه‌نظر ریسک خطر، به کمک روش‌های AHP و الکتره اولویت‌بندی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که مرگ و میر در اثر بیماری‌های مزمن با مقدار بیشینه‌ی ۲۰٫۸٪ و کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های مزمن با بیشینه‌ی ۸٫۲۲ سال برای مردان و ۸٫۵۱ سال برای زنان در آستانه‌ی وضعیت بحران قرار دارد. بررسی‌ها در دوره‌ی آماری سال ۹۳، بیانگر این موضوع است که عامل اصلی آلایندگی هوا در شهر مشهد، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲٫۵ میکرون ($PM_{2.5}$) است.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، مرگ و میر، امید به زندگی، تابع دوز ـ واکنش، AHP، الکتره.

mohamadgheibi@ymail.com
karrabi@um.ac.ir

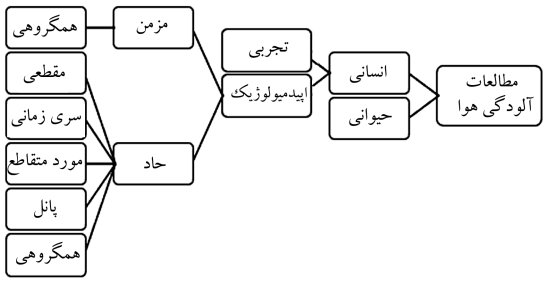
۱. مقدمه

امروزه آلودگی هوا به‌عنوان یکی از آثار مخرب صنعتی شدن شهرها و پیشرفت‌های تکنولوژی به شمار می‌رود. در دهه‌های اخیر، نیاز اقتصادی کشورهای در حال توسعه به فرایندهای تولیدی، منجر به تشدید انتشار آلاینده‌ها شده است.[۱] بروز آلودگی هوا در مناطق پر جمعیت شهری با حوادث ناگوار و تلخی در نیمه‌ی دوم قرن ۲۰ میلادی در آمریکا و اروپا همراه بوده است. نتایج مطالعات سری زمانی در اوایل دهه‌ی ۹۰ در نقاط مختلف جهان نشان داده است که حتی در غلظت‌های پایین آلودگی هوا به دلیل پوشش وسیعی از جمعیت در معرض خطر و حساس بودن گروه‌های خاصی از جامعه، بار بیماری منتسب به پدیده‌ی آلودگی هوا بسیار زیاد است.[۲] مرور تاریخی بروز صدمات و خسارت‌های حاصل از آلودگی‌های هوا در شهرهای مختلف جهان بسیار گویاست که افزایش آلودگی‌ها می‌تواند منجر به فجایع جبران‌ناپذیری شود.

از جمله مهم‌ترین وقایع مذکور می‌توان به: ۱. حادثه‌ی دره‌ی میوز بلژیک (سال ۱۹۳۰، علت: وارونگی دما و تغلیظ SO_2، مرگ و میر ۶۰ نفر)؛[۳] ۲. خسارت‌های لندن (سال ۱۹۵۲، علت: وارونگی دما به همراه برهم نهی غلظت آلاینده‌ها، مرگ و میر ۴۰۰۰ نفر)[۴]؛ ۳. پدیده‌ی مه دود در اونتاریوی کانادا (سال ۲۰۰۸، علت: اثر مه دودهای غلیظ[۱]، مرگ و میر ۹۵۰۰ نفر در معرض ریسک بالای مرگ زودرس)[۵]؛ ۴. تشدید آلودگی‌های دهلی (سال ۲۰۱۴، علت: غلظت بالای ذرات $PM_{2.5}$، مرگ و میر ۱۰۵۰۰ نفر در معرض ریسک بالای مرگ زودرس)[۶]، اشاره کرد. تهران نیز در سال ۲۰۰۵ مورد مطالعه‌ی تحلیل ریسک آلودگی هوا قرار گرفت و نتایج مطالعات مذکور نشان داد که ۱۶۰۰ نفر از شهروندان دچار سرفه‌های شدید و بروز علائم حاد شده‌اند.[۷] حوادث و رخدادهای مذکور بیانگر وجود یک رابطه‌ی مستقیم و معنی‌دار بین افزایش مرگ و میر و بروز آلودگی هواست.[۸] آثار آلودگی هوا در فیزیولوژی انسان و حیوان در حوزه‌ی سلامت بررسی شده است. مطالعات انسانی، شامل بررسی‌های تجربی (مطالعات خانه‌یی) و اپیدمیولوژیک است که از این میان مطالعات پانل، مورد متقاطع، مقطعی و سری زمانی برای برآورد آثار حاد آلودگی هوا و مطالعات هم‌گروهی برای برآورد آثار حاد و مزمن استفاده می‌شوند (شکل ۱).

در پژوهشی در سال ۲۰۰۳، میزان مرگ و میر حاصل از ذرات معلق در شهر بافلوواریه از ایالت نیویورک آمریکا در یک دوره‌ی ۲ ساله بررسی شد و ۴ سطح از ذرات معلق شامل کمتر از ۸۰، بین ۸۰ تا ۱۰۰، بین ۱۰۰ تا ۱۳۵ و سطح بیش از ۱۳۵ میکروگرم بر مترمکعب ارزیابی شدند.[۱۰]

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۵/۱/۳۰، اصلاحیه ۱۳۹۵/۷/۷، پذیرش ۱۳۹۵/۹/۲۰.
DOI:10.24200/J30.2018.1410



شکل ۱. نمودار تصمیم در مطالعات آلودگی هوا.[۹]

برخی پژوهشگران نیز در سال ۲۰۱۰، به ارزیابی میزان ذرات معلق موجود در هوای شهرهای آمریکا و مقایسه‌ی آن با استاندارد NAAQS [۲] پرداختند.[۱۱] همچنین در سال ۲۰۱۴، میزان کاهش امید به زندگی در ایالات متحده‌ی آمریکا در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ با استفاده از روش رگرسیونی ارزیابی شد و بررسی‌ها نشان داد که $PM_{۲/۵}$ به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده‌ی مسئول در کاهش امید به زندگی به شمار می‌رود.[۱۲] سازمان کنترل کیفیت هوای آمریکا نیز رابطه‌ی میزان غلظت $PM_{۱۰}$ و مرگ و میر در مناطق لس‌آنجلس، فیلادلفیا، نیویورک و شیکاگو را در پژوهشی بررسی کرده است.[۱۳] همچنین در سال ۲۰۱۵، با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی و اطلاعات سنجش از دور، مطالعه‌یی بر روی میزان کاهش امید به زندگی و تعیین آلاینده‌ی مسئول در کشور هند انجام شد.[۱۴] سازمان بهداشت جهانی (WHO) نیز با تمرکز بر غلظت آلاینده‌ی $PM_{۲/۵}$، ۱۳ شهر هند را که در وضعیت نابسامان آلودگی هوا قرار داشتند، بررسی کرد که از میان آن‌ها، شهر دهلی با بیشترین کاهش امید به زندگی، بیشترین سطح متوسط ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون را داشت. سازمان مذکور همچنین در سال ۲۰۱۵ متوسط غلظت $PM_{۲/۵}$ را برای شهرهای آلوده‌ی هند، چین، اروپا، و آمریکا به ترتیب ۴۶، ۴۰/۴، ۲۱/۷ و ۹/۶ میکروگرم بر مترمکعب گزارش کرده است.[۱۴]

در پژوهشی در سال ۲۰۱۵، نیز به بررسی آثار بهداشتی حاصل از ازن در ۵ کلان‌شهر ایران پرداخته شد و اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط معیارهای WHO پردازش و سپس به کمک نرم‌افزار Air.Q تحلیل شدند.[۱۵] همچنین در پژوهشی گسترده (۲۰۱۴) آثار کاهش امید به زندگی و تعیین اولویت آلاینده‌ی مسئول در شهر پکن، پایتخت کشور چین بررسی شد.[۱۶] مؤسسه‌ی مطالعات بهداشتی در بوستون (HEI)[۳] (۲۰۱۳)، نیز مطالعه‌یی بر روی آثار آلودگی هوا و رابطه‌ی آن با دو عامل میزان مرگ و میر و کاهش امید به زندگی مردم چین انجام داد و نتایج نشان داد شد که ۱/۲ میلیون مرگ زودرس در هر سال به وقوع خواهد پیوست.[۱۷]

همچنین برخی پژوهشگران (۲۰۱۲)، ۶۷ عامل سلامت عمومی در ۲۱ منطقه از جهان که تحت‌الشعاع آلودگی‌های هوا قرارگرفته بودند، را در بازه‌ی زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ بررسی کردند.[۱۸] در پژوهشی دیگری در همان سال نیز به کمک اطلاعات پایش‌شده و با هدف تعیین آثار اپیدمیولوژی ذرات معلق، غلظت $PM_{۲/۵}$ در سراسر جهان پهنه‌بندی شد.[۱۹] محققان در یک پژوهشی کاربردی (۲۰۱۰) نیز به بررسی آثار و مکانیزم‌های عملکردی آلودگی هوا در شکل آثار حاد و مزمن بر سلامت و نیز تعدادی از اندام‌ها و سیستم‌های مختلف پرداختند و نتایج این تحقیق نشان داد که گستره‌ی آثار مذکور شامل تحریکات تنفسی بالا یا جزئی، بیماری‌های قلبی و تنفسی مزمن، سرطان ریه، عفونت‌های تنفسی حاد در کودکان، برونشیت مزمن در بزرگسالان، وخیم‌تر شدن بیماری‌های ریوی و قلبی و حملات آسمی است. علاوه‌بر این نتیجه گرفته شد که مواجهه‌ی طولانی‌مدت و کوتاه‌مدت با آلاینده‌ها با مرگ زودرس و کاهش امید به زندگی در ارتباط است.[۲۰]

در سال ۲۰۱۳ نیز با استفاده از توابع دوز ـ واکنش به مطالعه‌ی آثار آلاینده‌های بخش حمل و نقل بر روی سلامتی انسان پرداخته شده و نتایج پژوهش مذکور، آثار آلاینده‌های هوا بر روی سلامتی انسان را رتبه‌بندی و اولویت‌دار کرده است و تکیه بر روش‌های هزینه ـ فایده در ارزیابی پروژه‌های حمل و نقلی منجر به پنهان ماندن آثار مخرب زیست‌محیطی می‌شود.[۲۱] همچنین در سال ۱۹۹۴، براساس معیارهای سازمان بهداشت جهانی (افزایش ۳-۱ درصد مرگ و میر به ازاء هر ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب ذرات معلق) به بررسی میزان مرگ و میر در شهر تهران پرداخته شد.[۲۲]

در سال ۱۳۹۲ نیز با استفاده از روش شبکه‌ی عصبی (ANN)[۴]، تأثیر آلودگی هوا در سلامت انسان در طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۷ مطالعه شد و یافته‌های پژوهش مذکور نشان داد که شهرنشینی به‌عنوان عامل تشدیدکننده‌ی آلودگی هوا، بیشترین تأثیر را در سلامت و امید به زندگی افراد داشته است. همچنین عملیات نظارت بر تولید آلاینده‌ها به‌عنوان راهکاری کلیدی در جهت کنترل آلودگی هوا توصیه شده است.[۲۳]

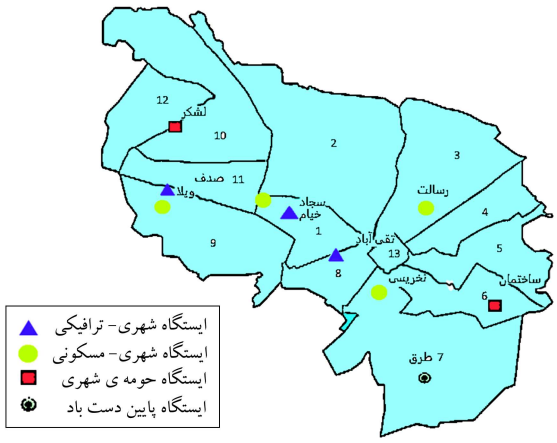
پژوهش حاضر با هدف ۱. بررسی آثار آلودگی هوا در میزان مرگ و میر و نیز کاهش امید به زندگی در کلان‌شهر مشهد به کمک توابع دوز ـ واکنش بر مبنای مطالعات انجام‌شده در اتحادیه‌ی اروپا (از جمله پروژه‌ی APHEA)[۵] و ۲. تعیین اولویت ریسک خطر آلاینده‌های مسئول با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)[۶] براساس آثار اپیدمیولوژی صورت پذیرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر به کمک شیوه‌ها و روش‌های معتبر تحلیلی، از جمله توابع دوز ـ واکنش به بررسی آثار آلاینده‌های هوا در شهر مشهد پرداخته شده است. بدین منظور به کمک مطالعات جهانی در حوزه‌ی مذکور، اثر افزایش آلاینده‌ها در عوامل بیماری‌زا و مخاطره‌آمیز برای انسان مطالعه شده است. نتایج بررسی ذکرشده منجر به یک پیش‌آگاهی نسبت به آثار آلودگی هوا در زندگی مردم به‌ویژه در لایه‌های مدیریتی و مسئولان شهری خواهد شد. مراحل پژوهش به این شرح است:

۱.۲. تشکیل بانک اطلاعاتی

تعداد ۱۲ ایستگاه سنجش آلاینده‌ها در شهر مشهد وجود دارد که ۵ نوع از آلاینده‌ها شامل CO، $NO_۲$، $O_۳$، $PM_{۲/۵}$، و $SO_۲$ را پایش، اندازه‌گیری و شاخص‌گذاری می‌کنند (شکل ۲). نکته‌ی قابل توجه در جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات آماری اندازه‌گیری‌شده این است که به دلیل وجود خطاهایی متوالی در دستگاه‌های پایش و سنجش آلاینده‌ها، باید از روش‌های کارشناسی و قضاوت مهندسی[۷] براساس معیارهای UNEP [۸] بهره برد.[۲۴] در واقع منظور از قضاوت‌های مهندسی، اصلاح داده‌هایی است که از معیارهای منطقی به دور است و نگاه کارشناسی بهره‌برداران دستگاه به راحتی می‌تواند آن‌ها را تشخیص داده و اصلاح کند. بدین منظور اطلاعات آماری دریافت‌شده در دو نوبت به روش بارش فکری واکاوی شدند و در طی آن داده‌هایی که براساس معیارهای UNEP تأیید نشدند، ملاک ارزیابی واقع نشدند. بارش فکری[۹] روشی برای تصمیم‌گیری در یک گروه است که برای تولید تعداد زیادی ایده در مورد یک مسئله یا موضوع به کار می‌رود. روش مذکور



شکل ۲. نحوه‌ی توزیع و قرارگیری ایستگاه‌های پایش در شهر مشهد.

اولین بار در سال ۱۹۳۹ ارائه شد. شاخص‌های UNEP، چهار پارامتر: در دسترس بودن، اعتبار، مقدار و محدوده و جامعیت داده‌ها را تأکید کرده است. لازم به ذکر است که اطلاعات دریافتی برای یک سال کامل همراه با کمترین خطا متعلق به سال ۱۳۹۳ است که در پژوهش حاضر، معیار تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

۲.۲. پردازش داده‌ها به‌وسیله‌ی توابع دوز ـ واکنش

مطالعات کاربردی در بررسی توابع دوز ـ واکنش، نتایجی را براساس رابطه‌ی بین دوز آلاینده‌های هوا و واکنش سلامت انسانی بیان می‌کند. پژوهش حاضر نیز ۴ عامل را به‌عنوان عوامل پژوهشی انتخاب کرده است که به این شرح هستند:

۱.۲.۲. مرگ و میر بزرگسالان (بیماری‌های مزمن)

در پژوهش انجام‌شده‌یی در سال ۲۰۱۴، دو نرخ متفاوت برای ریسک حاصل از غلظت ریزگردهای ۲٫۵ میکرونی به ازاء $۱۰ug.m^{-۳}$ ارائه شده است که برابر با ۱٫۰۴ و ۱٫۰۶ هستند.[۲۶] در مطالعات انجام‌شده توسط اتحادیه‌ی اروپا، میانگین این دو مقدار معادل ۱٫۰۵ در نظرگرفته شده و رابطه‌ی واکنش (RR) [۱۰] براساس رابطه‌ی ۱ تعریف شده است:

$$RR = ۱٫۰۵ \; for \; ۱۰ \mu g, PM_{۲٫۵} \qquad (۱)$$

۲.۲.۲. کاهش امید به زندگی براساس بیماری‌های مزمن

پژوهش‌های انجام‌شده در اتحادیه‌ی اروپا در ارزیابی شاخص امید به زندگی در اثر بیماری‌های مزمن به شرح روابط ۲ و ۳ است،[۲۵] که مبنای محاسبات در پژوهش حاضر قرار گرفته‌اند:

$$For\, PM_{۱۰} \,\&\, NO_X :$$

$$LLE_{\mathrm{MAX}} = ۴ \times ۱۰^{-۴} \left(\frac{YOLL}{Person.year.\frac{\mu g}{m^۳}} \right) \times (\mathrm{MAX}[PM_{۱۰}] + \mathrm{MAX}[NO_X])$$

$$LLE_{\mathrm{MIN}} = ۴ \times ۱۰^{-۴} \left(\frac{YOLL}{Person.year.\frac{\mu g}{m^۳}} \right) \times (\mathrm{MIN}[PM_{۱۰}] + \mathrm{MIN}[NO_X]) \qquad (۲)$$

$$For\, PM_{۲٫۵} \,\&\, SO_X :$$

$$LLE_{\mathrm{MAX}} = ۶٫۷ \times ۱۰^{-۴} \left(\frac{YOLL}{Person.year.\frac{\mu g}{m^۳}} \right) \times (\mathrm{MAX}[PM_{۲٫۵}] + \mathrm{MAX}[SO_X])$$

$$LLE_{\mathrm{MIN}} = ۶٫۷ \times ۱۰^{-۴} \left(\frac{YOLL}{Person.year.\frac{\mu g}{m^۳}} \right) \times (\mathrm{MIN}[PM_{۲٫۵}] + \mathrm{MIN}[SO_X]) \qquad (۳)$$

که در آن‌ها، LLE_{MAX} و LLE_{MIN} [۱۱] به ترتیب بیشینه و کمینه‌ی کاهش امید به زندگی به ازاء هر نفر در سال و YOLL [۱۲] میزان (سال) کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های مزمن هستند. براساس مدل ارائه‌شده توسط اتحادیه‌ی اروپا، رابطه‌ی ۲ برای $PM_{۱۰}$ و NO_X و رابطه‌ی ۳ برای $PM_{۲٫۵}$ و SO_X به‌عنوان شیب‌های نمودار دوز ـ واکنش توصیه شده‌اند. به منظور ارزیابی رابطه‌ی کلی، از روش برهم نهی آثار[۱۳] بهره‌گیری خواهد شد. به عبارت دیگر، اثر کاهش امید به زندگی، حاصل جمع اثر هر یک از آلاینده‌های $SO_۲$، $NO_۲$، $PM_{۱۰}$ و $PM_{۲٫۵}$ است؛ زیرا هر ۴ آلاینده‌ی مذکور به‌صورت هم‌زمان در محیط تأثیرگذارند.[۲۶]

۳.۲.۲. کاهش امید به زندگی براساس بیماری‌های حاد

براساس مطالعاتی در سال ۲۰۰۵، روابط ۴ و ۵ برای تعیین کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های حاد استفاده می‌شود.[۲۷] شایان ذکر است که نتایج نهایی براساس بر هم‌نهی آثار $PM_{۱۰}$ و $PM_{۲٫۵}$ (اثر توأمان ذرات معلق) است.

هر دو رابطه‌ی مذکور، کران بالا (LLE_{MAX}) و کران پایین (LLE_{MIN}) دارند و ثابت‌های توابع نشان می‌دهد که کاهش امید به زندگی در بیماری‌های حاد (۳×۱۰^{-۶} یا ۴×۱۰^{-۶}) نسبت به بیماری‌های مزمن (با ثابت‌های ۴×۱۰^{-۴} و $۶٫۷ \times ۱۰^{-۴}$)، مقدار بسیار کمتری دارد.

$$For\, PM_{۱۰} :$$

$$LLE_{\mathrm{MAX}} = ۳ \times ۱۰^{-۶} \left(\frac{YOLL}{Person.year.\frac{\mu g}{m^۳}} \right) \times (\mathrm{MAX}[PM_{۱۰}]$$

$$LLE_{\mathrm{MIN}} = ۳ \times ۱۰^{-۶} \left(\frac{YOLL}{Person.year.\frac{\mu g}{m^۳}} \right) \times (\mathrm{MIN}[PM_{۱۰}] \qquad (۴)$$

$$For\, PM_{۲٫۵} :$$

$$LLE_{\mathrm{MAX}} = ۴ \times ۱۰^{-۶} \left(\frac{YOLL}{Person.year.\frac{\mu g}{m^۳}} \right) \times (\mathrm{MAX}[PM_{۲٫۵}]$$

$$LLE_{\mathrm{MIN}} = ۴ \times ۱۰^{-۶} \left(\frac{YOLL}{Person.year.\frac{\mu g}{m^۳}} \right) \times (\mathrm{MIN}[PM_{۲٫۵}] \qquad (۵)$$

۴.۲.۲. بیماری‌های ناشی از نشر ازن ($O_۳$)

نتایج مطالعاتی در سال ۲۰۰۴ نشان می‌دهد که به ازاء هر ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب، افزایش غلظت ازن در یک بازه‌ی ۸ ساعته، میزان ریسک نسبی مرگ و میر بزرگسالان ۰٫۳٪ افزایش می‌یابد.[۲۸] در پژوهشی در سال ۲۰۰۶ نیز نشان داده شده است که با افزایش هر ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب غلظت ازن در یک بازه‌ی ۸ ساعته، پذیرش بیماری‌های تنفسی در بیمارستان (بالای ۶۵ سال)، ۱۲٫۵ مورد در هر ۱۰۰ هزار نفر افزایش می‌یابد.[۲۹] پژوهش حاضر پارامترهای مرگ و میر در اثر تماس شدید و کوتاه‌مدت، پذیرش بیماران تنفسی در بیمارستان، محدودیت جزئی فعالیت‌های روزانه، و استفاده از گشادکننده‌های برونش را تحلیل و بررسی کرده است.[۳۰]

۳.۲. اولویت‌بندی آلاینده‌های مسئول از نقطه‌نظر ریسک خطر در جامعه‌ی مورد مطالعه

یکی از اهداف اصلی در زمینه‌ی تحلیل و پایش آلاینده‌ها در هر شهر، تعیین آلاینده‌ی مسئول به‌عنوان عامل تأثیرگذار غالب است. این مقایسه در بازه‌ی زمانی یک ساله، یک دید مدیریتی ایجاد کرده است که می‌تواند در تخصیص بودجه‌یی و زمانی کمک‌های شایانی ارائه دهد. پژوهش حاضر قصد دارد برای تحقق هدف مذکور، در شهر مشهد از دو روش AHP و الکتره[۱۴] مطابق جدول ۱ استفاده کند، تا در مقایسه و اولویت‌سنجی صورت‌گرفته، بیشینه‌ی اعتباردهی (صحت‌سنجی) به نتایج حاصل شود. در قضاوت صورت‌گرفته میان گزینه‌های مختلف، پارامترهای مقایسه‌یی، از جمله: شدت غلظت در طول سال، پایداری آلاینده‌ها (نوسانات تولید)، فاصله‌ی غلظت آلاینده‌ها از میزان استاندارد، چگونگی توزیع در تمامی ایستگاه‌های مشهد و سهم مسئولیت آلاینده در تمام روزهای سال در نظر گرفته شده است.

۳. نتایج و بحث

نتایج بررسی‌ها با استفاده از تابع دوز ـ واکنش در شهر مشهد و اولویت‌بندی آلاینده‌های مسئول به این شرح است:

۱.۳. وضعیت مرگ و میر بزرگسالان (بیماری‌های مزمن)

همان‌گونه که در بخش‌های پیشین اشاره شد، پژوهش حاضر در جلساتی پی در پی (به‌صورت بارش فکری)، نتایج آماری ثبت‌شده در مرکز پایش آلاینده‌ها را به دلیل خطاهای سیستمی در تکنولوژی‌های ثبت اصلاح و پس از اعتبارسنجی آمار مذکور، آن‌ها را استفاده کرده است. باید اشاره کرد که اصلاحات صورت‌گرفته بر مبنای نگاه کارشناسی درون مرکز انجام شده و این آمار برای غلظت $PM_{۲٫۵}$ به شرح جدول ۲ است.

رابطه‌ی ۱ بیانگر این موضوع است که به ازاء هر ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب $PM_{۲٫۵}$، ۵٪ میزان مرگ و میر بزرگسالان افزایش می‌یابد. تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد که آلایندگی $PM_{۲٫۵}$، به طور متوسط (میانگین سالیانه) در ایستگاه طرق با $۴۱٫۷۱\ \mu g.m^{-۳}$ بیشترین مقدار و در ایستگاه ماشین ابزار با $۱۷٫۰۸\mu g.m^{-۳}$ کمترین مقدار را دارند. محاسبات انجام‌شده برای شهر مشهد نشان می‌دهد که مرگ و میر بزرگسالان در اثر بیماری‌های مزمن در بیشترین مقدار ۲۰٫۸۵٪ و در کمترین مقدار ۸٫۵۴٪ در مقایسه با شهر بدون آلایندگی افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه غلظت متوسط ذرات معلق با قطرکمتر از ۲٫۵ میکرون، $۲۷٫۶\ \mu.m^{-۳}$ است، می‌توان نتیجه گرفت که به طور متوسط ۱۳٫۸٪ از مردم شهر مشهد در معرض مرگ و میر ناشی از بیماری‌های مزمن هستند. محاسبات همینکی و همکاران در سال ۱۹۹۴، براساس معیارهای WHO نشان می‌دهد که میزان مرگ و میر ناشی از بیماری‌های مزمن کمتر از ۱٪ بوده است.[۲۲] در دو دهه‌ی اخیر با رشد جمعیت و گسترش صنایع در محدوده‌ی شهر تهران، مطابق گزارش سال ۱۳۹۰، میزان مرگ و میر معادل ۱۹٫۰۲٪ محاسبه شده است. متوسط میزان مرگ و میر ناشی از بیماری‌های مزمن در شهرهای هند و چین به ترتیب ۲۳ و ۲۰٫۲ درصد گزارش شده است که بیانگر این مطلب است که دو کشور مذکور، وضعیت بحرانی‌تری نسبت به شهرهای ایران دارند. مرگ و میر حاصل از بیماری‌های مزمن (با توجه به غلظت $PM_{۲٫۵}$) در شهرهای اروپایی و آمریکایی نیز به ترتیب با مقادیر ۱۰٫۸۵ و ۴٫۸ درصد، شرایط مطلوب‌تری را ایجاد کرده است. باید توجه داشت که این محاسبات بر مبنای میانگین‌های سالیانه صورت پذیرفته است و چنانچه آثار آلایندگی در بازه‌های زمانی محدود، محاسبه و اعمال شود، ریسک خطر را در شرایط بحرانی‌تر قرار خواهد داد. در این راستا و به منظور کاهش و کنترل آلاینده‌ها، لزوم به کارگیری یک سیستم مدیریت جامع و یک‌پارچه اجتناب‌ناپذیر است.

۲.۳. وضعیت امید به زندگی براساس بیماری‌های مزمن

بر مبنای شیب نمودار دوز ـ واکنش که در روابط ۲ و ۳ نشان داده شده است، به ازاء هر میکروگرم بر مترمکعب افزایش غلظت‌های $PM_{۲٫۵}$ و $SO_۲$، $۶٫۷ \times ۱۰^{-۴}$ واحد و برای $NO_۲$ و $PM_{۱۰}$، ۴×۱۰^{-۴} واحد امید به زندگی کاهش می‌یابد.

نتایج ثبت‌شده از آمار $PM_{۱۰}$ به دلیل وجود خطای بسیار زیاد در اندازه‌گیری، توسط آزمون‌های اعتبارسنجی تأیید نشده است. جدول ۳، میزان کمینه و بیشینه‌ی غلظت‌های $PM_{۲٫۵}$، $NO_۲$ و $SO_۲$ را بر حسب $\mu g.m^{-۳}$ در طی سال ۹۳ و

جدول ۱. مقایسه‌ی روش AHP و الکتره برای اعتبارسنجی به نتایج.

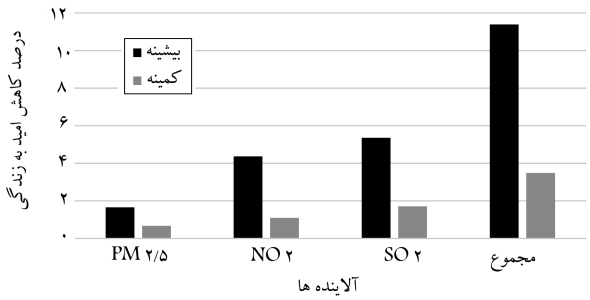
خصوصیات روش	AHP	الکتره
عامل مقایسه Nodes	$PM_{۱۰}$، $O_۳$، $PM_{۲٫۵}$، SO_X، NO_X	$PM_{۱۰}$، $O_۳$، $PM_{۲٫۵}$، SO_X، NO_X
گزینه	نتایج حاصل از آمار و اطلاعات ۱ ساله	نظر کارشناسی و قضاوت‌های خبرگان
منطق اولویت‌دهی	مقایسه‌ی زوجی و منطق‌های ریاضی (فازی)	پراکندگی شاخص‌ها و روابط نسبی
نتایج	وزن‌دهی به خطرسازی آلاینده‌ها	وزن‌دهی به خطرسازی آلاینده‌ها

جدول ۲. بیشینه و کمینه‌ی غلظت $PM_{۲٫۵}(\mu.m^{-۳})$ در بین ایستگاه‌های پایش آلاینده‌ها در شهر مشهد.

ایستگاه‌ها	نخریسی	ساختمان	سجاد	صدف	تقی‌آباد	ماشین‌ابزار	طرق	خیام	رسالت	لشکر	ویلا	شهر
بیشینه‌ی غلظت $PM_{۲٫۵}(\mu g.m^{-۳})$	۱۵۰٫۴۵	۱۱۵٫۱۶	۱۱۶٫۳	۱۱۸٫۹	۱۳۳٫۴۴	۴۶٫۲۲	۱۶۱٫۰۳	۱۰۴٫۳	۱۱۶٫۵	۹۲٫۴۰	۲۴۹٫۴	۱۰۵٫۰۶
کمینه‌ی غلظت $PM_{۲٫۵}(\mu g.m^{-۳})$	۱٫۳۵	۴٫۲۰	۴٫۰۴	۳٫۳۷	۵٫۹۱	۱٫۰۸	۵٫۸۲	۳٫۷۸	۵٫۵۷	۴٫۵۹	۴٫۵۵	۴٫۹۰
میانگین سالیانه $(\mu g.m^{-۳})$	۲۷٫۱۷	۳۱٫۳۸	۲۴٫۷۶	۲۴٫۰۵	۳۳٫۹۹	۱۷٫۰۸	۴۱٫۷۱	۲۰٫۳۲	۲۶٫۰۱	۲۳٫۰۹	۲۸٫۰۴	۲۷٫۶

جدول ۳. کران بالا و پایین غلظت $PM_{۲٫۵}$، $SO_۲$ و $NO_۲$ در سال ۱۳۹۳.

آلاینده‌ها	$PM_{۲٫۵}$	$NO_۲$	$SO_۲$
بیشینه‌ی غلظت میانگین سالیانه ($\mu g.m^{-۳}$)	۴۱٫۷۱	۶۵٫۳۱	۸۰٫۱۳
	طرق	سجاد	سجاد
کمینه‌ی غلظت میانگین سالیانه ($\mu g.m^{-۳}$)	۱۷٫۰۸	۱۶٫۵۴	۲۵٫۵۴
	ماشین‌ابزار	صدف	رسالت



شکل ۳. کران‌های بالا و پایین میزان کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های مزمن $PM_{۲٫۵}$، $SO_۲$ و $NO_۲$ در سال ۱۳۹۳.

جدول ۴. میزان کاهش امید به زندگی در اثر افزایش غلظت $PM_{۲٫۵}$.

پژوهشگران	سال	میزان سال کاهش امید به زندگی به ازاء هر ۱۰ $\mu g.m^{-۳}$
چن (Chen)	۲۰۱۳	۱
کوریا (Correia)	۲۰۱۳	۰٫۳۵
هویک (Hoek)	۲۰۱۳	۰٫۷۳
لادن (Laden)	۲۰۰۶	۱٫۸
پوپ (Pope)	۲۰۰۲	۰٫۷۳
پژوهش حاضر (۱۳۹۴)	۲۰۱۵	۰٫۶۱

همچنین شکل ۳، کمینه و بیشینه‌ی آثار آن‌ها را در کاهش امید به زندگی نشان می‌دهد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که بروز بیماری‌های مزمن در اثر وجود آلاینده‌های $PM_{۲٫۵}$، $SO_۲$ و $NO_۲$ در هوای شهر مشهد بیشینه‌ی ۱۱٫۳۹٪ و کمینه‌ی ۳٫۴۹٪ امید به زندگی را کاهش می‌دهد. با توجه به سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۰، امید به زندگی در مردان ۷۲٫۱ سال و در زنان ۷۴٫۶ سال بوده است. می‌توان نتیجه گرفت شرایط آلودگی هوای شهر مشهد بنا به آمار سال ۱۳۹۳ (با فرض اینکه شرایط هوایی در طول عمر فرد ثابت و مشابه سال ۹۳ باشد) امید به زندگی را بیشینه‌ی ۸٫۳۶ و کمینه‌ی ۲٫۶۵ سال در اثر بیماری‌های مزمن کاهش داده است.

همچنین نتایج مطالعاتی در سال ۲۰۱۳،[۲۱] نشان داد که آلودگی هوا در شهر تهران شاخص امید به زندگی را در حالت بیشینه، ۲۷٫۸ و در حالت کمینه، ۵ سال در اثر بیماری‌های مزمن کاهش داده است. پژوهش حاضر نیز از توابع دوز ـ واکنش برای تعیین شاخص مذکور استفاده کرده است. میزان کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های مزمن در مطالعات مختلف در مقایسه با پژوهش حاضر به شرح جدول ۴ است.

۳.۳. وضعیت امید به زندگی براساس بیماری‌های حاد

مطالعاتی در سال ۲۰۰۵،[۲۷] نشان می‌دهد که بیماری‌های حاد بیشتر تحت تأثیر ذرات معلق $PM_{۱۰}$ و $PM_{۲٫۵}$ است. همان‌گونه که در بخش پیش اشاره شد، به دلیل ناکارآمدی آمار ثبت‌شده‌ی $PM_{۱۰}$، در پژوهش حاضر کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های حاد براساس $PM_{۲٫۵}$ و مطابق با روابط ۳ و ۴ تحلیل شده است. محاسبات انجام‌شده نشان می‌دهد که کاهش امید به زندگی در حالت بیشینه و کمینه به ترتیب: $۱٫۷۵ \times ۱۰^{-۲}$ و $۷٫۱۷ \times ۱۰^{-۳}$ درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بیشینه‌ی کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های حاد ۰٫۰۱۲ سال (۴٫۳۸ روز) است. بررسی‌ها مشخص می‌سازد که وضعیت کاهش امید به زندگی ناشی از بیماری‌های حاد در مقایسه با بیماری‌های مزمن ناچیز است و فاصله‌ی زیادی با وضعیت بحران دارد که دلیل آن نسبت ناچیز شیب تابع دوز ـ واکنش براساس بیماری‌های حاد در مقایسه با بیماری‌های مزمن (کمتر از ۱٪) است.

۴.۳. وضعیت بیماری‌های ناشی از نشر ازن ($O_۳$)

در پژوهش حاضر، بر مبنای شرایط آمار اعتبارسنجی شده‌ی مرکز پایش آلاینده‌های مشهد، آثار ناشی از نشر ازن در جدول ۵، تحلیل و محاسبه شده است. شایان ذکر است که مقادیر غلظت ازن بر مبنای ppb ثبت و برای تبدیل آن به $\mu g.m^{-۳}$ از رابطه‌ی ۶ استفاده شده است.[۳۱]

نتایج مطالعات انجام‌شده در سال ۲۰۱۵،[۱۵] برای ۵ کلان‌شهر ایران نشان می‌دهد که متوسط غلظت سالیانه‌ی $O_۳$ در شیراز بیشتر از بقیه‌ی شهرهاست. بیشترین میزان تجمعی مرگ و میر به ترتیب با ۲۹۴ و ۱۴۸ نفر مربوط به شهرهای اصفهان و مشهد، و کمترین مقدار با ۵۵ نفر متعلق به اراک بوده است. پژوهش حاضر بیان‌گر این موضوع است که شهر مشهد از نقطه‌نظر انتشار آلاینده‌ی ازن در شرایط حساسی قرار دارد. دلیل حساسیت آن بیشتر به علت عدم برنامه‌ریزی دقیق، مدون و مشخص در حوزه‌ی تعیین منابع تولید و کنترل آلاینده‌ی مذکور است.

$$\begin{cases} \mu g.m^{-۳} = [((ppb) \times (۱۲٫۱۸۷) \times M) \div (۲۷۳٫۱۵ + \theta^{\cdot C})] \\ M \rightarrow ۴۸ gr/mol \\ \theta^{\cdot C} \rightarrow ۲۵^{\cdot C} \end{cases} \quad (۶)$$

۵.۳. اولویت‌بندی آلاینده‌ها در دوره‌ی یک ساله (سال ۹۳)

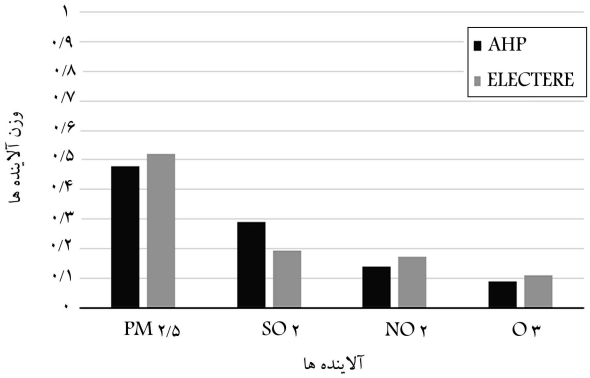
به منظور تحلیل آلاینده‌های پایش‌شده و تعیین اولویت آن‌ها از نقطه‌نظر آثار مخاطره‌آمیز در سلامت از روش AHP (برنامه‌ی Expert Choice۱۱) و روش الکتره (برنامه‌ی نگارش‌شده در محیط EXCEL) استفاده شده است. تحلیل مذکور براساس معیارهایی، از جمله: شدت غلظت در طول سال، پایداری آلاینده‌ها (نوسانات تولید)، میزان فاصله‌ی غلظت آلاینده‌ها از میزان استاندارد، چگونگی توزیع در تمامی ایستگاه‌های مشهد و سهم مسئولیت آلاینده در تمام روزهای سال در جلسات بارش فکری کارشناسان پژوهش بررسی و نتایج در جدول ۶ و شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج تحلیل‌ها $PM_{۵٫۲}$ را در رتبه‌ی اول قرار داده است. مطالعه‌ی انجام‌شده به روش AHP و الکتره بیان‌گر این مطلب است که در سیستم‌های وزن‌دهی به کار گرفته‌شده، فاصله‌ی وزنی میان $SO_۲$، $NO_۲$ و $O_۳$ ناچیز است، در حالی که سهم قابل توجه اثر آلایندگی با اختلاف زیاد مربوط به $PM_{۵٫۲}$ است.

جدول ۵. علائم و آثار بیماری‌های ناشی از انتشار O_3 در شهر مشهد.

علائم	آثار بیماری
مرگ و میر در تمام سنین به دلیل قرار گرفتن کوتاه مدت در معرض گاز ازن	۲٫۷۴٪ افزایش در ریسک نسبی
پذیرش بیماری‌های تنفسی در بیمارستان (بالای ۶۵ سال)	افزایش ۶۷٫۶ مورد پذیرش در سال به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر
محدودیت جزئی فعالیت روزانه (۶۴-۱۸ سال)	افزایش ۶۲۲٫۵ روز کاری از دست رفته در هر ۱۰۰۰ نفر
استفاده از گشادکننده‌ی برونش (۱۴-۵ سال)	افزایش ۱۶۷۸ روز در استفاده از گشادکننده‌های برونش به ازای هر ۱۰۰۰ نفر
استفاده از گشادکننده‌ی برونش (بالای ۲۰ سال)	افزایش ۳۹۵۱٫۵ روز در استفاده از گشادکننده‌های برونش به ازای هر ۱۰۰۰ نفر

جدول ۶. وزن‌های نرمال‌شده برای تعیین اثر آلایندگی مسئول طبق آمار سال ۹۳.

آلاینده‌های وزن‌دهی‌شده	روش	
	AHP	الکتره
$PM_{2.5}$	۰٫۴۸	۰٫۵۲
SO_2	۰٫۲۹	۰٫۱۹۵
NO_2	۰٫۱۴	۰٫۱۷۵
O_3	۰٫۰۹	۰٫۱۱



شکل ۴. اولویت میزان اهمیت و خطرسازی آلاینده‌های شهر مشهد (سال ۹۳).

در پژوهشی در سال ۲۰۱۴،[16] نیز به‌طور مشابه نشان داده شد که $PM_{2.5}$ به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده‌ی مسئول (عامل ایجاد ریسک بالا) به‌طور میانگین ۵ سال امید به زندگی را در میان شهروندان کاهش می‌دهد. گزارش سازمان‌های مرجع از جمله EPA، WHO و NAAQS نیز نشان می‌دهد که ذرات معلق ۲٫۵ میکرون ($PM_{2.5}$) در ایجاد مرگ و میر در اثر بیماری‌های مزمن و همچنین کاهش امید به زندگی بسیار مؤثر است.[32] همچنین مطالعات دیگری در آمریکا،[11و14] $PM_{2.5}$ را به‌عنوان آلاینده‌ی مسئول معرفی کرده‌اند.

تاکنون مطالعات جامعی در جهت تعیین نوع و سهم هر یک از عوامل تولیدکننده‌ی ثابت و متحرک آلاینده در شهر مشهد صورت نپذیرفته است. پژوهش حاضر با استفاده از دو منطق تصمیم‌گیری به تعیین اولویت آلاینده‌های ایجادکننده‌ی ریسک پرداخته است که نتایج آن می‌تواند در جهت کنترل آلاینده‌ها و وضع مقررات و محدودیت‌های ویژه برای هر یک از انواع آلاینده استفاده شود.

۴. نتیجه‌گیری

شهر مشهد از نقطه‌نظر مذهبی، تجاری و صنعتی از جمله کلان‌شهرهای مهم و راهبردی به شمار می‌رود. الزامات زیست‌محیطی در شهرهای بزرگ، وابستگی زیادی به پارامترهای مدیریتی دارد و نقش بسیار مهمی در کیفیت زندگی شهروندان ایفا می‌کند. یکی از دستاوردهای پژوهش حاضر، تعیین میزان مرگ و میر بزرگسالان در اثر بیماری‌های مزمن است. نتایج مطالعات نشان داد که بیشینه‌ی ۲۰٫۸٪ از مردم شهر مشهد در ریسک بالای مرگ و میر در اثر بیماری‌های مزمن قرار دارند. بررسی‌ها همچنین کاهش امید به زندگی در اثر آلودگی هوا را برای مردان، بیشینه‌ی ۸٫۲۲ سال و برای زنان، بیشینه‌ی ۸٫۵۱ سال تعیین کرد. نکته‌ی قابل توجه این است که مقادیر محاسبه‌شده برای میزان مرگ و میر و نیز کاهش امید به زندگی در پژوهش حاضر، فقط در اثر آلودگی هواست، در حالی که زندگی در شهرها با آلودگی‌هایی، نظیر: آب، خاک، فرآورده‌های غذایی و ... همراه است. نتایج پژوهش حاضر، بیانگر هشداری جدی به مسئولان و مدیران شهری است تا با برنامه‌ریزی و اتخاذ سیاست‌های اصولی و بلندمدت در ارتباط با محیط زیست شهری مانع از رسیدن به وضعیت بحران در حوزه‌ی آلودگی هوا شوند. پژوهش حاضر در ابتدا وضعیت کنونی شهر مشهد را با استفاده از تابع دوز ـ واکنش در محوریت‌های میزان مرگ و میر بزرگسالان در اثر بیماری‌های مزمن، میزان کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های مزمن و حاد و آثار آلایندگی گاز ازن بررسی کرد. نتایج نشان داد که میزان مرگ و میر بزرگسالان در اثر بیماری‌های مزمن و همچنین میزان کاهش امید به زندگی در اثر بیماری‌های مزمن در وضعیت نامطلوب قرار دارند. در ادامه‌ی پژوهش با استفاده از روش‌های مقایسه‌ی زوجی و الکتره، آلاینده‌های مسئول رتبه‌بندی شدند. نتایج بیان‌گر این موضوع است که ذرات معلق ۲٫۵ میکرون، سهم قابل توجهی (به‌طور متوسط ۵۰٪) نسبت به سایر شاخص‌ها در آلودگی هوای شهر مشهد دارند.

پانوشت‌ها

1. smog
2. national ambient air quality standards
3. health effect institute
4. artifical neural network
5. agency for public health education accreditation
6. multi criteria decision making
7. engineering judgment

8. united nations environment program
9. brainstorming
10. relative risk
11. loss of life expectancy
12. years of life lost
13. super position
14. ELECTERE

منابع (References)

1. Casas, L., Simons, K., Nawrot, T.S. and et al. "Respiratory medication sales and urban air pollution in Brussels (2005 to 2011)", *Environment International*, **94**, pp. 576-582 (2016).
2. Mustafić, H., Jabre, P., Caussin, C. and et al. "Main air pollutants and myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis", *The Journal of the American Medical Association*, **307**(7), pp. 713-721 (2012).
3. Stern, A.C., Bonbel, R.W., Turner, D.B. and et al. *Fundamentals of Air Pollution*, Ed., 2nd Edn., Academic press, UK (1984).
4. Bell, M.L. and Davis, D.L. "Reassessment of the lethal London fog of 1952: Novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution", *Environmental Health Perspectives*, **109**(3), pp. 389-394 (2001).
5. Hamilton, T. "$3.83 to power hybrid plug-in for 6 days", Energy and Technology Wheels.ca. (2008).
6. Chowdhury, S. and Dey, S. "Cause-specific premature death from ambient PM2. 5 exposure in India: estimate adjusted for baseline mortality", *Environment International*, **91**, pp.283-290 (2016).
7. Atash, F. "The deterioration of urban environments in developing countries: Mitigating the air pollution crisis in Tehran, Iran", *Cities*, **24**(6), pp. 399-409 (2007).
8. Buntin, J. and L.A. Noir. *The Struggle for the Soul of America's Most Seductive City*, Ed., 1st Edn, Broadway Books, US (2010).
9. Sheppard, L. "Acute air pollution effects: Consequences of exposure distribution and measurements", *Journal of Toxicology and Environmental Health*, **68**(13), pp. 1127-1135 (2005).
10. Wing, S. "Air quality impact, environmental impact assessment South Island line (East)", Consultancy Agreement No. NEX (2010).
11. Schmidt, M., Hassett-Sipple, B. and Rajan, P. "$PM_{2.5}$ air quality analyses-memorandum to PM NAAQS review", United States Environmental Protection Agency (2010).
12. Correia, A.W., Pope, C.A., Dockery, D.W. and et al. "The Effect of air pollution control on life expectancy in the United States: an analysis of 545 US counties for the period 2000 to 2007", *Epidemiology*, **24**(1) pp. 23-31 (2013).
13. Morris, R.D., Naumova, E.N. and Munasinghe, R.L. "Ambient air pollution and hospitalization for congestive heart failure among elderly people in seven large US cities", *American Journal of Public Health*, **85**(10), pp. 1361-1365 (1995).
14. Greenstone, M., Nilekani, J., Pande, R. and et al. "Lower pollution, longer lives: Life expectancy gains if India reduced particulate matter pollution", *Economic & Political Weekly*, **L**(8), pp. 40-46 (2015).
15. Kermani, M., Bahrami Asl, F., Aghaei, M. and et al. "Quantification of health effects attributed to ozone in five metropolises of Iran using airQ model?, *Iranian Health & Environmental Journal*, **6**(3), pp. 266-280 (2015).
16. Pope C.A. and Dockery, D. "Ambient air quality standards", Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (2014).
17. HEI, "Ambient air pollution among top global health risks in 2010: Risks especially high in China and other developing countries of Asia", Health Effects Institute, Boston, MA. (2013).
18. Lim, S.S., Vos, T., Flaxman, A.D. and et al. "A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010", *The Lancet*, **380**(9859), pp. 2224-2260 (2012).
19. Brauer, M., Amann, M., Burnett, R.T. and et al. "Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution", *Environmental Science and Technology*, **46**(2), pp. 652-660 (2012).
20. Nasrollahi, Z. and Ghafari Gvlk, M. "Air pollution and its influencing factors", *Journal Economic Research*, **3**, pp. 75-95 (2010).
21. Yazdi zade, A., Kalantari, N. and Saadat khah, N. "Dose-respone function's usage in order to transportation's air pollution assesment in Tehran", *Journal of Traffic Engineering*, **13**(53), pp. 15-23 (2013).
22. Hemminki, K. and Pershagen, G. "Cancer risk of air pollution, epidemical evidence", *Environmental Health Perspectives*, **102**(4), pp. 187-192 (1994).
23. Falahati, A., Soheili, K., Nazifi, M. and et al. "Evaluation and modeling the effect of air pollution on health: Using artificial neural network", *Iranian Journal of Epidemiology*, **9**(2), pp. 39-49 (2013).
24. UNEP, "Air pollution: World's worst environmental health risk", Emerging issues update, pp. 42-47 (2014).
25. Pope, C.A. "Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: Biologics mechanisms and who's at risk", *Environmental Health Perspective*, **108**(4). pp. 713-723 (2000).
26. Pope, C.A. and et al. "Lung Cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollutions", The Journal of the American Medical Association, **287**(9). pp. 1132-1141 (2002).
27. Bickel, P. and Friedrich, R. "Externalities of energy methodology 2005 update", European Communities (2005).
28. Anderson, H.R., Atkinson R.W., Peacock, J.L. and et al. "Meta-analysis of time-series studies and panel studies of particle matter and ozone", Report of WHO task group (2004).

29. Boldo, E., Medina, S., Le tertre, A. and et al. "Health impact assessment of long term exposure to PM2.5 in 23 European cities", *European Journal of Epidemiology*, **21**(6), pp. 449-458 (2006).

30. Sicard, P., De Marco, A., Dalstein-Richier, L. and et al. "An epidemiological assessment of stomatal ozone flux-based critical levels for visible ozone injury in Southern European forests", *Science of The Total Environment*, **541**, pp. 729-741 (2016).

31. Terrie, K. and Boguski, P.E. "Understanding units of measurement", Center for Hazardous Substance Research, Kansas State University (2006).

32. Cascio, W.E. "Proposed pathophysiologic framework to explain some excess cardiovascular death associated with ambient air particle pollution: Insights for public health translation", *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, **1860**(12), pp. 2869-2879 (Dec., 2016).