

ارزیابی ارتباط بین سطح آلاینده های هوا و میزان مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی به بیمارستان در شهر اصفهان

اعظم عبدالعظیمی^۱، امیر گندمکار^{۲*}، مجید قیاس^۳، سید محسن حسینی^۴

^۱ دانشجوی دکتری هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

^۲ دکتری هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

^۳ دکتری جغرافیای روستایی از دانشگاه اصفهان، سرپرست پزشکان مرکز بهداشت دانشگاه اصفهان، اصفهان، اصفهان،

^۴ استاد، بیمارستان پوست و مرکز تحقیقات لیشمانیا، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۲

چکیده

آلودگی هوا به عنوان یکی از مشکلات شهرهای بزرگ جهان، سلامتی ساکنین آن را تهدید می کند که اثرات احتمالی آن، افزایش علائم بیماری های قلبی است. ارتباط مراجعین ناشی از بیماری قلبی و آلاینده های هوای شهر اصفهان با استفاده از روش تحلیلی-آماري مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج آزمون خی دو، بین مراجعین بیماران قلبی و مواجهه با آلاینده های SO_2 ، NO_2 و PM_{10} و با آزمون آنوا، بین مواجهه بیماران با آلاینده های CO و NO_2 ارتباط معناداری نشان داد. همچنین با محاسبه ضریب همبستگی ها از یک سو بیشترین میزان همبستگی پیرسون متعلق به آلاینده ی جوی PM_{10} با ضریب $0/165$ و آلاینده ی SO_2 با ضریب $0/203$ و از سوی دیگر همبستگی کندال تاو برای CO با ضریب $0/113$ بر آورد شد. بنابراین بین میزان مراجعه به بیمارستان توسط بیماران قلبی در شهر اصفهان با میزان آلاینده های جوی ارتباط معنادار و مستقیم وجود دارد.

کلید واژه ها: آلاینده های هوا، مراجعه کنندگان، بیماری قلبی، ارتباط

مقدمه

هواگازی استبی رنگ، بی بو و عناصری مانند ازت، اکسیژن، هیدروژن، گازکربنیک، آرگون، نئون، هلیوم، کریپتون، گزنون و مقداری بخار آب و گاز آمونیاک تشکیل شده است. هوا نیز مانند سایر منابع محیط زیست جهان دارای ظرفیت محدود است و تحمل پذیرش مواد زاید و سمی مختلف را در حدی که امروزه بشر به آن تحمیل کرده است را ندارد. تصور اغلب مردم در مورد فرایند تنفس، تنها کشیدن هوا به درون ریه هایشان و بیرون دمیدن آن است. بنابراین وقتی آلودگی هوا به سمت ریه‌ها کشیده می‌شود، در طی عمل بازدم به اعماق ریه‌ها رخنه کرده و با ورود به جریان خون در قلب و رگ‌های خونی سراسر بدن حرکت می‌کند. در این صورت باعث افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سپس موجب التهاب در ریه‌ها، ایجاد مشکلات مرگبار چون فشار خون و لخته شدن خون در رگ‌ها می‌شود. در همین راستا بستری شدن در بیمارستان به دلیل حملات قلبی، نارسایی قلبی، درد قفسه سینه در افرادی که بطور طولانی مدت در معرض آلاینده‌های بسیار ریز هوا قرار داشته‌اند به مراتب بیشتر است. در این ارتباط بررسی آگاهی بیمار از خطر ابتلا به بیماری قلب ناشی از آلودگی هوا، نشان داده است که اغلب بیماران نسبت به خطرات ناشی از تاثیر آلودگی هوا بر نارسایی احتقانی قلب یا نارسایی ماهیچه‌ی قلب بی اطلاع بوده‌اند (بارد و همکاران، ۲۰۱۱). امروزه منابع مختلف طبیعی و مصنوعی موجب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عناصر تشکیل دهنده هوا شده‌اند، و اصطلاحاً آلودگی هوا را بوجود آورده‌اند (نصرالهی و همکاران، ۱۳۸۹، ص ۹۵). هر کدام از بیماری‌های ریوی که با آلودگی هوا تشدید می‌گردد، می‌تواند منجر به سکتة قلبی شود. بر همین مبنا مطالعات انجام شده نشان می‌دهد آلودگی هوا یکی از مشکلات شهرهای بزرگ و صنعتی جهان و ساکنین این شهرهاست (مسجدی و همکاران، ۱۳۸۰، ص ۲۳). علاوه بر آن محیط زیست انسانی و سلامت انسان به طور گسترده‌ای متاثر از شرایط محیطی و آب و هوایی است (بیگدلی، ۱۳۸۴، ص ۴۵). آلاینده‌های هوای آزاد به طور گسترده‌ای هم امراض وهم مرگ و میر را در جوامع افزایش می‌دهند و اثرات مختلفی نظیر افزایش عفونت‌های ریوی، افزایش علایم بیماری‌های تنفسی، افزایش بیماری‌های حاد و بستری بیمارستانی دارند و حتی می‌توانند در نهایت منجر به مرگ شوند (سیمخوویچ، ۲۰۰۸، صص ۷۱۹-۷۲۶). بعضی از بررسی‌های اپیدمیولوژیکی نشان می‌دهند که افزایش آلودگی هوا با افزایش مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی و تنفسی ارتباط دارد و به‌عنوان مثال می‌توان به مطالعات انجام شده در آمریکای شمالی و جنوبی، اروپا، استرالیا، هنگ کنگ و ایران اشاره کرد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹، ص ۴۴). آزمایشات انجام شده به منظور ارزیابی ارتباط بین خطرات جنینی و آلودگی هوایی در هفته سوم تا هشتم بارداری و همچنین خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی به آلاینده‌های ناشی از منواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، اوزون، دی اکسید سولفور، و ذرات گرد و غبار با قطر کمتر از ۱۰ و ۲/۵ میکروگرم بر متر مکعب حاکی از آنست که با قرار گرفتن مادران در معرض مواد معلق با غلظت ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب، موجب بروز انواع مختلف قلبی عروقی در آنان گردیده است (آگای شای و همکاران، ۲۰۱۳). نتایج بررسی تاثیر آلاینده‌های هوا بر پذیرش‌های اورژانسی سکتة‌های قلبی در شهر تهران طی دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۹۱ با توجه به تاثیر مقدار میانگین روزانه پنج آلاینده SO₂، NO₂، O₃ و CO، PM₁₀ بر تعداد پذیرش‌های روزانه سکتة‌های قلبی، نشان داده است که ارتباط معنی‌داری بین سکتة‌های قلبی و میانگین روزانه آلاینده‌های مونوکسیدکربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسیدگوگرد، ازن و ذرات

کوچک تر از ۱۰ میکرون وجود دارد (امام قلی پور و همکاران، ۱۳۹۴). براساس نتایج حاصل از بررسی اثر آلاینده‌های جوی در مناطق شهری، مسافران زمان قابل توجهی را در ایستگاه‌های حمل و نقل داخل شهری به انتظار می‌گذرانند. در نتیجه با آلاینده‌های اتمسفری چون ذرات معلق قابل استنشاق در تماس هستند و مواجهه با این نوع آلاینده‌ها منجر به ایجاد مخاطرات بهداشتی برای افراد می‌باشد (چانگ و همکاران، ۲۰۱۲). هم چنین بررسی ارتباط میزان پذیرش بیماران نارسایی قلبی ناشی از آلودگی هوا توسط تعدادی از محققین در تایوان نشان می‌دهد روزهایی که آلودگی هوای ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای مخرب بیشتر است، میزان پذیرش بیماران قلبی - عروقی در بیمارستان‌های تایپتی روند افزایشی داشته است (یانگ و همکاران، ۲۰۰۸، صص ۳۵۳-۳۴۸). مطالعات صورت گرفته در ارتباط با بررسی رابطه بین هوای آلوده و بیماری‌های قلبی - عروقی به خصوص انفارکتوس میوکارد، نشان داده است که طبق آمار تنها در قاره‌ی آسیا سالانه حدود ۵۰۰ هزار نفر در اثر آلودگی هوا جان می‌سپارند (پوستی، ۱۳۸۶، صص ۴۱۵-۴۲۳). بر آورد تعداد مرگ‌های قلبی و تنفسی منتسب به آلودگی هوای شهر تهران بر حسب ذرات در سال ۱۳۸۵ توسط تعدادی از محققین ایران صورت گرفته است و نتایج آزمون‌های حساسیت نشان داد که بر آوردهای حاصل از فرضیات مختلف در مورد غلظت و غلظت زمینه $PM_{2.5}$ ، نسبت PM_{10} به $PM_{2.5}$ و شکل تابع غلظت، با پاسخ در محدوده فواصل اطمینان بر آورده شده قرار دارند. بنابر این می‌توان گفت بر آورد مبنا حساسترین انتخاب نسبت به تابع غلظت پاسخ و غلظت زمینه بوده است (جنیدی جعفری و همکاران، ۱۳۸۸، صص ۳۷-۴۷). بررسی وارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان در سال‌های اخیر نیز بیانگر آنست که مسئله آلودگی هوا در کلان شهر اصفهان به بحران جدی تبدیل شده است. اصفهان پس از تهران یکی از کلان شهر های آلوده دنیاست که در ایران مقام دوم را به خود اختصاص داده است (ضرابی و همکاران، ۱۳۸۹، صص ۱۵۱-۱۶۴). آلودگی هوا علاوه بر خسارات جانی، زیان‌های اقتصادی فراوانی برای مناطق آلوده به همراه می‌آورد که از نظر مدیریت و برنامه‌ریزی‌های اقتصادی برای ایران حائز اهمیت است. چنانچه هزینه‌های برآورد شده برای مرگ و میر روزانه ناشی از آلودگی هوا، با استفاده از الگوی AROMAX ارتباط کوتاه مدت و بلند مدت بین آلودگی هوا و تعداد مرگ و میر روزانه در شهر اصفهان در دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۹۰ نشان می‌دهد با افزایش ۱ درصد در شاخص کیفیت هوا^۱ (AQI) میزان مرگ و میر در بلند مدت ۰/۱۲۳ درصد افزایش می‌یابد. (کیانی و همکاران، ۱۳۹۲، صص ۲۴۷-۲۵۴). مطالعه‌ی اپیدمیولوژیک بیماران قلبی - عروقی بستری در بیمارستان‌های جهرم را در سال ۱۳۹۱، شایع ترین بیماری قلبی آنژین صدری و شایع ترین بیماری عروقی فشار خون بالا را نشان داده است (شهسواری و همکاران، ۱۳۹۲، صص ۱۴-۲۰). نتایج حاصل از بررسی آلودگی هوا با نارسایی قلبی نشان می‌دهد شاخص PM_{10} و CO ، NO_2 و SO_2 در بیماران مبتلا و غیر مبتلا به نارسایی قلبی اختلاف معنی‌داری با میزان $P < 0.000$ داشت و ممکن است ارتباط قوی بین آلاینده‌های هوا و تشدید علائم نارسایی باشد (بهنمون و همکاران، ۱۳۹۳، صص ۱۵۲-۱۶۶). در راستای اینکه بررسی ارتباط بین آلاینده‌ها و شیوع بیماری قلبی در شهر حائز اهمیت می‌باشد، هدف اصلی در مطالعه حاضر ارزیابی ارتباط بین سطح آلاینده‌های هوا و میزان مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی به بیمارستان

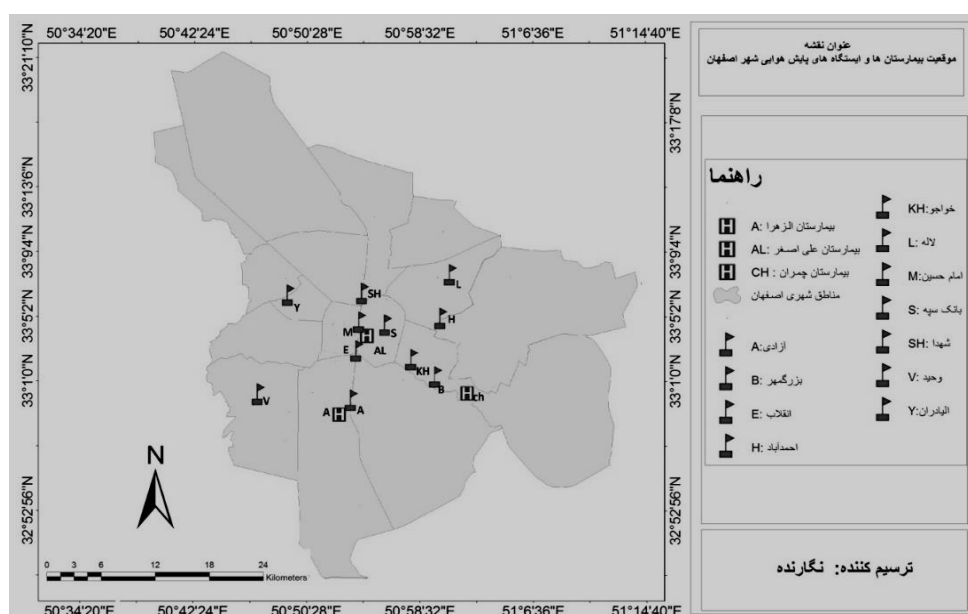
¹ Air Quality Index

در شهر اصفهان می‌باشد. در ارتباط با هدف پژوهش فوق، فرض بر آنست که افزایش میزان آلاینده‌های موجود در شهر اصفهان بر افزایش میزان مراجعین ناشی از بیماری قلبی به بیمارستان تأثیر دارد.

مواد و روش‌ها:

(۱) داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در پژوهش

شهر اصفهان بین ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی تا ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی در استان اصفهان قرار گرفته است. این شهر از نظر اهمیت جغرافیای انسانی و طبیعی ششمین شهر ایران محسوب می‌شود. جمعیت آن طی آخرین سرشماری سال ۱۳۹۰ ایران برابر با ۱۹۰۸۹۶۸ نفر بوده است که نسبت به سرشماری‌های سال‌های قبل روند صعودی داشته است (شهرداری اصفهان، ۱۳۹۰). همچنین کل فوت شدگان بیماری‌های قلب و عروق به تعداد ۱۷۸۹ نفر و کل بستری شدگان به تعداد ۶۷۱۵۶ نفر با توجه به سه پایگاه داده بیمارستان‌های شهید مصطفی چمران، بیمارستان الزهرا (س) و بیمارستان علی اصغر (ع) در بازه زمانی مورد مطالعه از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۲ در این شهر بوده است. قابل ذکر است با توجه به اینکه میزان آلاینده‌های مورد مطالعه بر اساس داده‌های آماری دریافت شده از ایستگاه‌های پایش هوا در شهر اصفهان می‌باشد، لذا جهت مطالعه، از کل بیمارستان‌های شهر اصفهان، موارد فوق با بیشترین میزان پذیرش بیماران قلبی به عنوان جامعه آماری تعیین گردید. داده‌های آلودگی هوا نیز از پایش آلودگی هوا واقع در سازمان کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان دریافت گردید. این سازمان مقدار تعدادی از آلاینده‌ها از جمله ازن (O_3)، دی اکسید گوگرد (SO_2)، ذرات معلق با غلظت ۱۰ میکرو گرم بر متر مکعب (PM_{10})، دی اکسید نیتروژن (NO_2)، مونوکسید کربن (CO) و شاخص کیفیت هوای اصفهان (AQI) در ساعات مختلف روز را به طور روزانه توسط ایستگاه‌های ثابت داخل شهری اندازه‌گیری می‌نماید. شکل شماره (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی شهر و بیمارستان‌ها و ایستگاه‌های پایش هوای شهر اصفهان می‌باشد.



شکل شماره ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی شهر، بیمارستان‌ها و ایستگاه‌های پایش هوای شهر اصفهان

۲) روش‌های مورد استفاده در پژوهش

➤ نقاط شکست آلاینده‌ها بر اساس شاخص کیفیت هوا

AQI شاخصی است که به منظور گزارش کیفیت هوای روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و در واقع بیان‌کننده تمیزی و یا آلوده بودن هواست. سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده، شاخص AQI را برای پنج آلاینده اصلی شامل O_3 (غلظت سطح زمین)، PM، CO ، SO_2 ، NO_2 محاسبه نموده است. به منظور محاسبه مقدار شاخص کیفیت هوا (AQI) از رابطه (۱) استفاده می‌شود. بر اساس پارامترهای مورد استفاده از رابطه‌ی فوق جدول شماره (۱) نقاط شکست برای AQI، بدست می‌آید:

رابطه (۱):

$$I_P = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_P - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

در این رابطه:

I_P = شاخص کیفیت هوا (AQI) برای آلاینده P

C_P = غلظت اندازه گیری شده (به صورت گرد شده) برای آلاینده P

BP_{Hi} = نقطه شکستی که بزرگ تر یا مساوی C_P است.

BP_{Lo} = مقدار AQI منطبق با BP_{Hi}

I_{Lo} = مقدار AQI منطبق با BP_{Lo}

جدول ۱: نقاط شکست برای AQI

نقاط شکست							AQI	طبقه‌بندی کیفیت هوا
O_3 (ppm) ^۱ ۸ ساعته	O_3 (ppm) ^۲ یک ساعته	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) ۲۴ ساعته	PM_{10} ($\mu g/m^3$) ۲۴ ساعته	CO ppm ۸ ساعته	SO_2 ppm ۲۴ ساعته	NO_2 ppm یک ساعته		
۰-۰/۰۵۹	----	۰/۰-۱۵/۴	۰-۵۴	۰/۰-۴/۴	۰/۰۰۰-۰/۰۳۴	۰-۰/۰۵۳	۰-۵۰	خوب
۰/۰۶۰-۰/۰۷۵	----	۱۵/۵-۳۵	۵۵-۱۵۴	۴/۵-۹/۴	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	۰/۱-۰/۰۵۴	۵۱-۱۰۰	متوسط
۰/۰۷۶-۰/۰۹۵	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴	۳۵/۱-۶۵/۴	۱۵۵-۲۵۴	۹/۵-۱۲/۴	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۰/۱۰۱-۰/۳۶۰	۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای گروه‌های حساس
۰/۰۹۶-۰/۱۱۵	۰/۱۶۵-۰/۲۰۴	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۲۲۵-۳۴۵	۱۲/۵-۱۵/۴	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	۰/۳۶۱-۰/۶۴۰	۱۵۱-۲۰۰	ناسالم
۰/۱۱۶-۰/۱۳۷	۰/۲۰۵-۰/۲۰۴	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۳۳۵-۴۲۴	۱۵/۵-۳۰/۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۰/۶۵-۱/۲۴	۲۰۱-۳۰۰	خیلی ناسالم
(۲)	۰/۴۰۵-۰/۵۰۴	۲۵۰/۵-۳۵۰/۴	۴۲۵-۵۰۴	۳۰/۵-۴۰/۴	۰/۶۰۵-۰/۸۰۴	۱/۲۵-۱/۶۴	۳۰۱-۴۰۰	خطرناک
(۲)	۰/۵۰۵-۰/۶۰۴	۳۵۰/۵-۵۰۰/۴	۵۰۵-۶۰۴	۴۰/۵-۵۰/۴	۰/۸۰۵-۱/۰۰۴	۱/۶۵-۲/۰۴	۴۰۱-۵۰۰	خطرناک

مآخذ: دانشگاه علوم پزشکی تهران، پژوهشکده محیط زیست، ۱۳۹۰، ص ۱۵

سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده برای هر یک از آلاینده‌های ذکر شده و به منظور بهداشت عمومی، استانداردهایی تدوین کرده است. هر چقدر مقدار AQI بیشتر باشد، بدان مفهوم است که سطح آلودگی بیشتر بوده و مخاطرات بهداشتی آن نیز بیشتر خواهد بود. به عنوان مثال مقدار AQI بیانگر شرایط کیفی هوای خوب یا حد اقل پتانسیل برای اثرات بهداشت عمومی است، در حالی که مقدار AQI بیشتر از ۳۰۰ نشان دهنده کیفیت هوای خطرناک است. معمولاً AQI بر ابر ۱۰۰ بیانگر شرایط بهداشتی و $AQI < 100$ بیانگر شرایط غیربهداشتی است.

برای هریک از آلاینده‌های ذکر شده و به منظور بهداشت عمومی، استانداردهایی تدوین کرده است که در جدول شماره (۲) بیانگر مقادیر AQI و شرایط بهداشتی می‌باشد.

جدول شماره ۲: مقادیر AQI و شرایط بهداشتی

مقادیر AQI	سطح بهداشتی	رنگ‌ها
۰-۵۰	خوب	سبز
۵۱-۱۰۰	متوسط	زرد
۱۰۱-۱۵۰	غیر بهداشتی برای گروه‌های حساس	نارنجی
۱۵۱-۲۰۰	غیر بهداشتی	قرمز
۲۰۱-۳۰۰	خیلی غیر بهداشتی	ارغوانی
۳۰۱-۵۰۰	خطرناک	رنگ خرمایی مایل به قرمز

مأخذ: اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان

➤ روش‌های آماری چند متغیره

روش چند متغیره کاربردی از جمله روش‌های آماری در پژوهش‌های اقلیمی است که در این تحقیق استفاده شده است. بر این اساس ماهیت رابطه بین متغیرها، از نظر چگونگی ارتباط و وابستگی بین متغیرهای عناصر آلاینده هوا و میزان مراجعه‌کنندگان ناشی از بیماران قلبی در شهر اصفهان در دوره آماری ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ می‌باشد. در این صورت با پی بردن به روابط بین متغیرها با استفاده از اطلاعات به دست آمده از مجموعه‌ای از متغیرها، ارزش متغیرهای دیگر بر آورد می‌شود. روابط بین متغیرها به همبستگی موسوم است برای محاسبه همبستگی بین متغیرها و جهت آن، می‌توان از روش‌های مختلفی بهره‌مند شد. برای محاسبه میانگین در گروه‌ها و توابع وابسته به آنها از تحلیل واریانس و برای محاسبه ضرایب همبستگی استاندارد نشده از آزمون آماری X^2 و ضریب همبستگی پیرسون و کندال تاو استفاده شده است که از این نمایه‌ها، میزان همبستگی را می‌توان استنباط کرد. ضرایب استاندارد شده نیز در دودسته ضرایب یک طرفه و دو طرفه تقسیم می‌شوند. ضرایب یک طرفه تعیین کننده میزان رابطه از جهت مثبت یا منفی است و عمدتاً با مقادیر بین صفر و یک رابطه را ارائه می‌کنند. رابطه قوی با عدد یک، عدم همبستگی با عدد صفر و مقادیر بین این دو حد واسط همبستگی می‌باشد. این ضرایب در بازه $0+1$ و -1 متغیر است. بطور کلی هدف مطالعات همبستگی تعیین روش‌های اندازه‌گیری است علاوه بر آن طبیعت روابط را توصیف می‌کند. (عساکره، ۱۳۹۰، ص ۱۶۱)

یافته‌های تحقیق:

در ارتباط با ارزیابی آلاینده‌ها در شهر اصفهان با توجه به ارتباط با میزان مراجعین بیماران قلبی به بیمارستان‌های هدف در طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه، نقاط شکست برای شاخص کیفیت هوا با توجه به بیشترین میزان بستری محاسبه و تعیین گردید که در جدول شماره (۲) نمایش داده شده است.

چنانچه مشاهده می‌گردد بیشترین میزان مراجعین مربوط به نقطه شکست ۱۰۱ تا ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) می‌باشد. میزان مونوکسید کربن برابر ۱۰/۴ برحسب قسمت در میلیون (ppm)، دی اکسید نیتروژن برابر ۰/۱۲۶ ppm، ازن برابر ۰/۰۶۳ ppm دی اکسید گوگرد برابر ۰/۱۱۲ ppm و ذرات معلق (PM₁₀) برابر ۴۸۹/۷ بر حسب میلی‌گرم بر مترمکعب (μg/m³) می‌باشد که این میزان قابل ملاحظه است. براساس عوارض بهداشتی آلاینده‌های جوی و شرایط بهداشتی آن، هم چنین باتوجه به بیشترین میزان مراجعین بیماران قلبی در دوره آماری مورد مطالعه، جدول شماره (۳) تهیه شده است که نشان دهنده ی عوارض بهداشتی مرتبط با غلظت های مختلف آلاینده‌های بر آورد شده می‌باشد.

جدول شماره (۲): نقاط شکست شاخص AQI برای بالاترین میزان آلاینده‌ها و مراجعین بیماری قلبی به بیمارستان در طول دوره آماری

مراجعین نفر	CO ppm	SO ₂ ppm	PM ₁₀ μg/m ³	NO ₂ ppm	O ₃ ppm	AQI ppm	تعداد روز آلوده	مقدار AQI ppm
۸۹	۷/۶	۰/۰۹۹	۲۰۰/۲	۰/۰۸۵	۰/۰۶۵	۴۹	۶۳	۵۰-۱
۹۰	۴/۷	۰/۱۰۴	۲۵۸	۰/۰۴۴	۰/۰۸۷	۹۹	۸۱۴	۱۰۰-۵۱
۱۰۰	۱۰/۴	۰/۱۱۲	۴۸۹/۷	۰/۱۲۶	۰/۰۶۳	۱۴۹	۳۲۹	۱۵۰-۱۰۱
۸۸	۹/۹	۰/۱۲۱	۳۸۰/۴	۰/۰۷۶	۰/۰۸۵	۱۹۹	۴۳	۲۰۰-۱۵۱
۷۵	۶/۴	۰/۱۰۱	۵۲۸/۷	۰/۰۷	۰/۰۴۳	۲۴۰	۴	۳۰۰-۲۰۱

جدول شماره (۳): عوارض بهداشتی مرتبط با غلظت های مختلف بر اساس نقطه شکست ۱۵۰-۱۰۰ شاخص کیفیت هوا

رنگ شاخص	تفسیر کیفی	عوارض بهداشتی	میزان	عنصر آلاینده
زرد	متوسط	در افرادی که به طور غیر معمول حساس هستند و ممکن است علائم قلبی - تنفسی ظاهر گردد.	۰/۰۶۳	O ₃ ppm
نارنجی	ناسالم برای گروه‌های حساس (خردسال و سالخورده)	احتمال بروز علائم تنفسی در کودکان فعال، سالمندان و افراد مبتلا به بیماری های قلبی - تنفسی	۰/۱۲۶	NO ₂ ppm
خرمایی	خطرناک	افزایش شدید بیماری‌های قلبی یاریوی و مرگ زود رس قلبی، افزایش قابل توجه علائم تنفسی درکل جمعیت	۴۸۹/۷	PM ₁₀ μg/m ³
زرد	متوسط	ندارد	۰/۱۱۲	SO ₂ ppm
قرمز	ناسالم	کاهش توانایی به علت افزایش علائم بیماری‌های قلبی - عروقی نظیر درد قفسه سینه در افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی	۱۰/۴	CO ppm

الف) توزیع مربع آزمون خی دو

آماره ی آزمون کای دو، آزمون ساده و پرکاربرد برای نکویی برازش است. این آزمون بافت نگار، مشاهدات را با توزیع احتمال (برای داده‌های گسسته) یا چگالی احتمال (برای داده‌های پیوسته) مقایسه می‌کند (عساکره، ۱۳۹۰، ص ۱۶۲). این آماره از طریق رابطه ریاضی (۲) محاسبه می‌شود:

$$X^2 = \sum \text{classes} \frac{(O - E)^2}{E} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه فوق O مقادیر مشاهده شده و E مقادیر مورد انتظار است. برای بررسی و سنجش ارتباط عناصر آلاینده‌ی هوا با تعداد مراجعین ناشی از بیماری قلبی در شهر اصفهان از آزمون خی دو استفاده شد و در این رابطه نتایج حاصل از برآورد با توجه به ارتباط عناصر آلاینده‌ای همچون ذرات معلق جامد با قطر ۱۰ میلی‌میکرون (PM₁₀)، دی اکسید گوگرد (SO₂)، دی اکسید نیتروژن (NO₂)، مونوکسید کربن (CO) و ازن (O₃) در طی دوره آماری مورد ارزیابی قرار گرفت که در جدول شماره (۴) به نمایش در آمده است. محاسبات انجام شده با آزمون خی دو نشان می دهد ارتباط بین متغیرهای آلاینده جوی در دوره آماری مورد مطالعه با تعداد بستری شدگان ناشی از بیماری قلب و عروق برای آلاینده PM₁₀، NO₂ و SO₂ به ترتیب دارای سطح معناداری برابر ۰/۰۳۴، ۰/۰۰۰ و ۰/۰۰۰ می‌باشد و نمایانگر وجود ارتباط است. بدین معنی که هرچه میزان آلاینده‌های نامبرده افزایش یافته است، تعداد مراجعه کنندگان این بیماری نیز افزایش پیدا کرده است.

جدول شماره (۴): بررسی ارتباط عناصر آلودگی هوا با تعداد مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی با آزمون خی دو

نوع ارتباط	سطح معنی داری	ارتباط پارامترهای آلودگی با میزان بستری
عدم ارتباط	۰/۲۷۱	O ₃ ppm
دارای ارتباط	۰/۰۰۰	NO ₂ ppm
عدم ارتباط	۰/۶۱۳	CO ppm
دارای ارتباط	۰/۰۳۴	PM ₁₀ µg/m ³
دارای ارتباط	۰/۰۰۰	SO ₂ ppm

ب) تحلیل واریانس^۱ (آنوا)

آزمونی که برای مقایسه میانگین یک صفت کمی در بیش از دو جمعیت استفاده می شود، آنالیز واریانس رگرسیون (آنوا^۲) نام دارد. اگر میانگین صفت در این جامعه را به ترتیب با $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ نشان دهیم، آنگاه فرضیه یکسان بودن میانگین‌ها در این آزمون فرض اولیه یا H₀ برابر $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ می‌باشد و نشان می‌دهد اختلافی بین میانگین داده‌ها وجود ندارد. در مقابل فرض ثانویه H₁ آن است که حداقل بین میانگین دو گروه از این داده‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (عساکره، ۱۳۹۰، ص ۱۶۸). در این راستا با استفاده از آزمون آنوا ارتباط عناصر آلودگی هوا با تعداد مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی بر آورد گردید و در جدول شماره (۵) نمایش داده شد. محاسبات انجام شده نشان می‌دهد سطح معناداری برای آلاینده دی اکسید نیتروژن برابر ۰/۰۰۰ و برای مونوکسید کربن برابر با ۰/۰۱۶ است که کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد. بنابر این می‌توان گفت که ارتباط معناداری بین میزان آلاینده‌های

¹ Analysis of variance

² ANOVA

نامبرده با میزان مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی وجود دارد. ولی برای سایر عناصر آلوده کننده هوا بین میانگین‌ها اختلاف معناداری وجود دارد، زیرا سطح معناداری بالاتر از ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول شماره (۵): ارتباط بین عناصر آلاینده ی هوا و تعداد مراجعه ناشی از بیماری قلبی با آزمون آنوا

پارامتر	سطح معنی داری	ارتباط
O ₃ ppm	۰/۷۵۵	عدم ارتباط
CO ppm	۰/۰۱۶	دارای ارتباط
PM ₁₀ µg/m ³	۰/۱۳۲	عدم ارتباط
NO ₂ ppm	۰/۰۰۰	دارای ارتباط
SO ₂ ppm	۰/۳۱۳	عدم ارتباط

ج) ضریب همبستگی تاو- کندال

یکی از ضریب همبستگی‌ها به نام همبستگی مان - کندال یا تاو - کندال معروف است. برای استفاده از این همبستگی به مقادیر نسبی داده‌ها نیاز است (عساکره، ۱۳۹۰، ص ۱۷۹). ضریب همبستگی تاو- کندال برای سنجش میزان تناظر یا مطابقت بین دو مجموعه و ارزیابی معنی داری این تناظر به کار می‌رود (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۴، ص ۱۶۶). ضریب تاو-کندال همواره بین ۱- تا ۱+ در نوسان است. اگر بین دو رتبه یا دو مجموعه توافق کامل وجود داشته باشد، مقدار ضریب ۱+ خواهد بود. اگر بین دو مجموعه عدم توافق کامل وجود داشته باشد، مقدار ضریب ۱- خواهد بود. اما اگر رتبه‌ها به طور کامل مستقل از هم باشند و افزایش یا کاهش در یکی با افزایش و یا کاهش دیگری مرتبط نباشد، مقدار ضریب به طور متوسط برابر با صفر خواهد بود. ضریب همبستگی تاو - کندال از رابطه (۳) محاسبه می‌شود (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۴، ص ۱۶۵).

$$\tau = \frac{2S}{N(N-1)} \quad \text{رابطه (۳):}$$

τ = ضریب همبستگی تاو کندال

S = مجموع ضرایب همبستگی مرتب شده

N = مقدار حجم جامعه

مقدار ضریب از طریق رابطه (۴) قابل محاسبه است:

$$S = \sum P_i - \sum Q_i \quad \text{رابطه (۴):}$$

P_i = اعداد بزرگ‌تر از حد آستانه

Q_i = اعداد کوچک‌تر از حد آستانه

محاسبات حاصل از بررسی ارتباط عناصر آلودگی هوا با تعداد بستری ناشی از بیماری قلب و عروق با آزمون همبستگی کندال تاو در جدول شماره (۷) نمایش داده شده است که نشان می‌دهد ارتباط معناداری بین عناصر

آلاینده‌ی مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد و ازن با مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی وجود دارد. در این ارتباط، بیشترین میزان ضریب همبستگی برای مونوکسید کربن برابر ۰/۱۱۳ با سطح معنا داری ۰/۰۰۰ بر آورد شده است و حاکی از ارتباط مستقیم و مثبت می باشد. علاوه بر آن میزان ضریب همبستگی برای دی اکسید گوگرد برابر ۰/۰۹۱ با سطح معناداری ۰/۰۰۰ محاسبه شده است. به این معنی که افزایش میزان این عنصر آلاینده ی دی اکسید گوگرد با افزایش میزان مراجعه کنندگان بیماران ناشی از بیماری قلبی به بیمارستان‌های مورد مطالعه همراه بوده است.

جدول شماره (۷): بررسی ارتباط عناصر آلودگی با تعداد مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی با ضریب همبستگی کندال تاو

CO ppm	SO ₂ ppm	PM ₁₀ µg/m ³	NO ₂ ppm	O ₃ ppm	آلاینده ارتباط
۰/۱۳۳**	۰/۰۹۱**	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۳۳	ضریب همبستگی کندال تاو
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۷۷۲	۰/۷۴۳	۰/۱۱۹	سطح معنا داری
ارتباط مستقیم و معنادار	ارتباط مستقیم و معنادار	عدم ارتباط	عدم ارتباط	عدم ارتباط	نوع ارتباط

** نشان دهنده ی ارتباط خوب بین پارامترهای آلاینده و مراجعه کنندگان بیماران قلبی می باشد.

د) ضریب همبستگی پیرسون^۱

ضریب همبستگی پیرسون روشی است که برای داده‌هایی با توزیع نرمالیا تعداد داده‌های زیاد استفاده می‌شود. در ضریب همبستگی پیرسون r از بین ۱- تا ۱ تغییرمی‌کند (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۴، ص ۱۶۶). منفی یک حاکی از رابطه معکوس و مثبت یک رابطه مستقیم را نشان می‌دهد (مومنی و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۱۴۹). برای محاسبه ضریب همبستگی پیرسون از رابطه شماره (۴) استفاده می‌شود:

$$r_{xy} = \frac{\text{cov}(x,y)}{\delta x \times \delta y} \quad \text{رابطه (۴):}$$

در این رابطه $\text{cov}(x,y)$ کوواریانس دو متغیر، سیگمای x انحراف معیار x و سیگمای y انحراف معیار متغیر y نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی ارتباط عناصر آلودگی هوا با تعداد بستری ناشی از بیماری قلب و عروق با آزمون همبستگی پیرسون طبق جدول شماره (۶) نشان دهنده ی ارتباط معناداری بین عناصر آلودگی آب و هوا با بستری ناشی از بیماری قلب و عروق است. در این ارتباط بیشترین میزان همبستگی با ضریب ۰/۱۶۵ متعلق به آلاینده ی جوی ذرات معلق جامد با قطر ۱۰ میلی میکرون (PM_{10}) با سطح معنا داری ۰/۰۰۰ و ضریب ۰/۲۰۳ متعلق به آینه ی دی اکسید گوگرد (SO_2) با سطح معنا داری برابر ۰/۰۰۰ می باشد. همچنین ضریب همبستگی برای مونوکسید کربن برابر ۰/۰۷۴ با سطح معنا داری ۰/۰۱۴ بر آورد شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، افزایش میزان این عناصر آلاینده باعث افزایش تعداد مراجعه کنندگان به بیمارستان‌های مورد مطالعه در طی دوره ی آماری ۱۳۸۹-

¹ Pearson Correlation Coefficient

۱۳۹۲ شده است. در این صورت رابطه بین آلاینده‌های جوی و میزان مراجعین بیماری قلبی به بیمارستان‌ها مثبت و مستقیم می باشد.

جدول شماره (۶): بررسی ارتباط عناصر آلودگی با تعداد مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی با ضریب همبستگی پیرسون

CO ppm	SO ₂ ppm	PM ₁₀ µg/m ³	NO ₂ ppm	O ₃ ppm	آلاینده ارتباط
*۰/۰۷۴	**۰/۲۰۳	**۰/۱۶۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۳۱	ضریب همبستگی پیرسون
۰/۰۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۱۸	۰/۳۰۹	سطح معنا داری
ارتباط مستقیم و معنادار	ارتباط مستقیم و معنادار	ارتباط مستقیم و معنادار	عدم ارتباط	عدم ارتباط	نوع ارتباط

** نشان دهنده ی ارتباط خوب بین پارامترهای آلاینده و مراجعه کنندگان بیماران قلبی می باشد.

* نشان دهنده ی ارتباط نسبتا خوب بین پارامترهای آلاینده و مراجعه کنندگان بیماران قلبی می باشد.

نتیجه گیری:

آلودگی هوا اثرات بسیار گسترده‌ای بر سلامت انسان برجای می‌گذارد که مهمترین اثرات آلاینده‌ها خصوصا آلاینده‌های گازی بردستگاه تنفسی می‌باشد. از سوی دیگر آلاینده‌های موجود در هوای آلوده انواع مختلفی دارند، بعضی از این آلاینده‌ها که دارای بیشترین اثر بر روی سیستم قلبی عروقی بدن می باشند، ذرات معلق با قطری کمتر از ده میکرون است. در این پژوهش بر اساس جدول شماره (۲) میزان ۱۰۰ نفر از مراجعین به بیمارستان‌ها در دوره ی آماری مورد مطالعه در شهر اصفهان متعلق به زمانی است که میزان ذرات معلق جامد به قطر ۱۰ میلی میکرون (PM₁₀) برابر با ۴۸۹/۷ میکروگرم بر متر مکعب بوده است. تمام آلاینده‌ها می توانند با مکانیسم های بیولوژیک متفاوت اثرات نامطلوب بر سیستم قلب و عروق داشته باشند. چنانچه بررسی فوق حاکی از افزایش میزان بیشترین مراجعه کنندگان به تعداد ۱۰۰ نفر متعلق به هنگامی است که آلاینده ی مونوکسید کربن برابر ۱۰/۴ قسمت در میلیون بوده است. زیرا افزایش این آلاینده‌ها در جو به واسطه ترشح مواد التهابی در ریه باعث ایجاد اختلالات انعقادی، افزایش ترمبوز، اختلالات اندوتلیال عروق و انقباض شریان‌ها می‌شوند. از طرفی با افزایش ضربان قلب، افزایش فشارخون و کاهش تغییرات ضربان قلب طبیعی زمینه را برای تنگی عروق کرونر، سکنه‌های قلبی و آریتمی‌های قلبی و مرگ و میر ناشی از آن مساعد می‌کنند. مطالعات نشان داده است که شهرهای تهران و اصفهان از شهرهای آلوده ایران هستند. براین اساس در روزهایی که شاخص کیفیت هوا در مرز تهدید بوده است، احتمال سکنه قلبی، افزایش اختلالات ریتم قلبی در بیماران قلبی و نارسایی قلبی افزایش پیدا کرده و دچار حملات بیشتر تنگی نفس شده‌اند. علاوه بر آن کسانی که بصورت مزمن و طولانی در معرض آلودگی هوا قرار گرفته اند، بخاطر نقش التهابی ماندگاری که ریزگردها، سیر ایجاد تنگی‌های عروق کرونر در آنها سریع تر گردیده است. بر اساس پژوهش‌های انجام شده در سال‌های اخیر و تحقیق فوق می‌توان گفت در شهر اصفهان ذرات میکروسکوپی معلق در هوا بر سیستم قلبی بیماران تاثیر گذاشته و عامل مهمی در مراجعه این بیماران به بیمارستان‌ها در دوره ی آماری مورد مطالعه محسوب

می‌شود. نتایج آنالیزاطلاعات از طریق آزمون‌های انجام شده بین آلاینده‌های هوای شهر اصفهان و مراجعه کنندگان ناشی از بیماری قلبی، ارتباط معنی داری بین مواجهه با ذرات معلق، مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن و ازن پیدا کرد، که این نتایج با بعضی از نتایج مطالعات دیگر انجام شده در آسیا و سایر کشورها مطابقت دارد. همچنین علاوه بر مواجهه بیماران قلبی با آلودگی هوای ناشی از صنایع آلاینده پویا و ایستا، زمانی که با افزایش گرد و غبار هوا نیز روبرومی شوند، شرایط مساعدی برای اثرات مخرب بر روی بیماران قلبی ایجاد می‌شود. بنابر این با توجه به فرضیه تحقیق، نتایج حاصل از بر آورد نشان می‌دهد میزان مراجعین ناشی از بیماران قلبی به بیمارستانهای مورد مطالعه با آزمونهای مختلف در دوره‌ی آماری مطالعه شده ارتباط دارد و حاکی از تاثیر بر افزایش تعداد آنها در هنگام افزایش آلاینده‌های جوی شهر اصفهان بوده است.

منابع:

۱. امام قلی پور سفید دشتی، سارا و اکبری ساری، علی و غضنفری، صادق (۱۳۹۴)، تاثیر آلاینده‌های هوا بر پذیرش‌های اورژانسی سکته‌های قلبی در شهر تهران طی دوره زمانی ۱۳۸۹-۱۳۹۱، فصلنامه بهداشت و توسعه، سال چهارم، شماره ۳. تابستان. صص ۱۹۰-۱۹۹، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان
۲. اداره کل محیط زیست استان اصفهان، سازمان پایش هوای شهر اصفهان، ۱۳۹۲، اصفهان
۳. بهنمون، مهسا و گرکیراقی، محمد و صادقی، معصومه و کشوری مهتاب و بهجتی، محدثه و کوشک زری، مهدی و نغنیان، مینا و صرافزادگان، نضال، ۱۳۹۳، بررسی آلودگی هوا با نارسایی قلبی، پژوهش در پزشکی، مجله پژوهشی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، دوره ۳۸، شماره ۳، پاییز، صص ۱۵۲-۱۵۶، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۴. بیگدلی، آرمان، ۱۳۸۰، ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و آلودگی هوا بر سگته قلبی، در دوره ۵ ساله در تهران طی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۶، صص ۱۴۰-۱۲۶، انتشارات دانشگاه اصفهان
۵. پوستی، عباس، ۱۳۸۶، آلودگی هوا، مجله علمی پژوهشی رازی، سال هجدهم و شماره ۵، صص ۴۱۵-۴۲۳، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران
۶. جنیدی جعفری، احمد و ظهور، علیرضا و رضایی، روشنک و افضلی، شیدا و سیف، آزاده، ۱۳۸۸، برآورد تعداد مرگ های قلبی و تنفسی منتسب به آلودگی هوای شهر تهران برحسب رات ۱۳۸۵، فصلنامه علمی پژوهشی ماب و ترکیه، پاییز و زمستان، شماره ۷۴-۷۵، صص ۳۷-۴۷، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز
۷. شهبواری اصفهانی، سارا و نظری، فریده و کریم یار جهرمی، مهدی و صادقی، میترا، ۱۳۹۲، بررسی اپیدمیولوژیک بیماران قلبی عروقی در بیمارستانهای جهرم در سال ۱۳۹۱، نشریه پرستار یا قلب و عروق ایران، دوره دوم، شماره ۲، تابستان، صص ۱۴-۲۰، انتشارات انجمن علمی پرستاران ایران، تهران
۸. شهرداری اصفهان، معاونت برنامه ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات، آمارنامه شهر اصفهان سال ۱۳۹۰، اصفهان

۹. ضرابی، اصغر و محمدی، جمال و عبدالمهدی، علی اصغر، ۱۳۸۹، بررسی و ارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیای ایران، سال هشتم، شماره ۲۶، صص ۱۵۱-۱۶۴، انتشارات انجمن جغرافیایی ایران، تهران
۱۰. عساکره، حسین، ۱۳۹۰، مبانی اقلیم شناسی آماری، انتشارات دانشگاه زنجان، چاپ اول، زنجان
۱۱. قربانی، مصطفی و یونسین، مسعود، ۱۳۸۹، طرحهای مطالعاتی اپیدمولوژیکی در آلودگی هوا، مجله تخصصی اپیدمولوژیکی ایران، دوره ۵، شماره ۴، صص ۴۴-۵۲، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران
۱۲. کیانی، غلامحسین و یاری، فاطمه و امیری، هادی، ۱۳۹۲، برآورد هزینه های مرگ و میر ناشی از آلودگی هوادر اصفهان، مجله علمی پژوهشی محیط شناسی، دوره ۴۰، شماره ۱، صص ۲۴۷-۲۵۴، انتشارات دانشگاه تهران، تهران
۱۳. مسجدی، محمد رضا و دوکوهکی، پونه و احمد نژاد، زرین و علی نژاد طاهری، سیما و جمعی، حمید رضا و بیگلرلی، مسعود و آگین، خسرو و قوام، سید مسعود، رستیمان، عبدالرحمن و ایزدی، شیرین، ۱۳۸۰، بررسی همبستگی آلودگی هوا با میزان حملات حاد قلبی و تنفسی، فصلنامه پژوهش در پزشکی، جلد ۲۵، شماره ۱، صص ۲۵-۳۳، انتشارات دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران
۱۴. مهدوی، مسعود و طاهر خانی، مهدی، ۱۳۸۴، کاربرد آمار در جغرافیا، نشر قومس، چاپ اول، تهران.
۱۵. مؤمنی، منصور و فعال قیومی، علی، ۱۳۹۱، تحلیل های آماری با استفاده از SPSS، انتشارات سیمای دانش، چاپ هفتم، تهران
۱۶. نصرالمهدی، زهرا و غفاری گولک، مرضیه، ۱۳۸۹، آلودگی هوا و عوامل موثر بر آن، فصلنامه پژوهش های اقتصادی، سال دهم، شماره ۳، پاییز، صص ۷۵-۹۵، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، پژوهشکده اقتصاد، تهران
۱۷. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، مرکز سلامت محیط و مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، ۱۳۹۰، راهنمای محاسبه، تعیین و اعلام شاخص کیفیت هوا، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دی ماه، چاپ اول، تهران
18. Arian M.A., Blair R, Finkelstein N(2007): The use of wind fields in a land use regression model to predict air pollution concentrations for health exposure studies. J Environ Heal Res. Vol .41, pp 3453-3464.
19. Agay-Shay K., Friger M., Ammatzia Peled Sh., Amitai Y., Peretz Ch (2013): Air pollution and congenital heart defects, Environmental Research, NO. 124, pp 28-34.
20. Bard B., Robert L., Matthew R., Nowkaa, Melvyn Rubenfire B., Elizabeth A., Jackson B., Robert D., Brook B (2011): Patient Awareness of the Risks for Heart Disease Posed by, Progress in Cardiovascular Diseases . Vol. 53, pp. 379-384
21. Chung W., Chen Q., Osammor O., Nolan A., Zhang X., Sharifi VN (2012): Characterisation of particulate matter on the receptor level in a city environment. Environ Monit Assess, NO.184(3), pp. 1471-86.
22. Simkhovich BZ., Kleinman MT., Kloner RA (2008): Air pollution and cardiovascular injury. J. American College of Cardiology. Vol. 52 (9), pp.719-726.

23. Yang Ch Y., Ming L., Tsai Sh., Chi-Kung Ho., Hui-FenChiu., Trong-Neng Wu(2008): Ail pollution and hospital admissions for congestive heart failure: Arethere potentially sensitive groups?. J. Environmental Research, NO. 108, pp. 348–353