



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

رویکرد سری زمانی در تخمین ارتباط اثرات بهداشتی با عناصر آب و هوایی و آلودگی هوا در مشهد

سارا منوچهرنیا^۱، میترا محمدی^{۱*}، رضا اسماعیلی^۲، احمد وحدانی^۳

- ۱- گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، موسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر، مشهد، ایران
- ۲- معاونت خدمات شهری شهرداری مشهد، مرکز پایش آلاینده‌های زیست محیطی، مشهد، ایران
- ۳- کارشناس آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان شمالی، بجنورد، ایران

اطلاعات مقاله:

چکیده

زمینه و هدف: هدف از انجام این مطالعه ارزیابی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و آلودگی هوای شهر مشهد با بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن در سال ۱۳۹۳ توسط مدل سری زمانی است.

روش بررسی: داده‌های بیماران (شامل موارد سرپایی و انتقال به بیمارستان) و مرگ و میر قلبی-عروقی از مرکز فوریت‌های پزشکی و سازمان فردوس‌های مشهد، پارامترهای اقلیمی همچون دما، فشار، رطوبت نسبی، سرعت باد و بارندگی از سازمان هواشناسی و آلاینده‌های شاخص هوا از مرکز پایش آلاینده‌های زیست محیطی مشهد برای دوره آماری سال ۱۳۹۳ گردآوری گردید. در این پژوهش، جهت بررسی تاثیر پارامترهای اقلیمی و مقادیر آلاینده هوا بر روی بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن با تاخیر روزانه، هفتگی و ماهانه از مدل سری زمانی باکس جنکینز (مدل تلفیقی اتورگرسیون و میانگین متحرک معروف به ARIMA) در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد. سپس به بررسی اثر فصول بر تعداد بیماران مذکور و فوت ناشی از آن توسط آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس پرداخته شد.

یافته‌ها: برازش مدل نهایی برای تعیین رابطه ماهانه میان عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا با تعداد بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن برابر یک مدل $ARIMA(0,0,0)$ است. در بررسی ماهانه، رطوبت (رابطه مستقیم)، دما (رابطه مستقیم)، سرعت باد (رابطه معکوس) و $PM_{2.5}$ (رابطه معکوس) به ترتیب با میانگین $۱۶/۲۴۷۱$ ، $۴۸/۱۶۲۸$ ، $۱۲۲/۳۸$ و $۰/۷۳۹۰۵$ اثر معنی‌داری با تعداد بیماران قلبی-عروقی داشته است. در موارد فوت نیز در بررسی ماهانه فشار (رابطه مستقیم)، دما (رابطه معکوس) و بارندگی (رابطه معکوس) به ترتیب با میانگین $۶/۵۹۰۴$ ، $۱/۵۷۲۸$ و $۱/۱۷۰۴$ رابطه معنی‌داری با میزان مرگ و میر بیماری‌های قلبی-عروقی داشته‌اند ($p < ۰/۰۵$). نتایج نشان داد که تنها میان بیماران قلبی-عروقی در فصل‌های مختلف سال تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بیشترین میزان بیماران مذکور در فصل پاییز به تعداد ۳۷۷۸ نفر اتفاق افتاده است.

نتیجه‌گیری: از نتایج این مطالعه مشخص شد که ارتباط میان عناصر جوی و آلاینده‌های هوا با تعداد بیماران قلبی-عروقی در مطالعات کوتاه مدت قابل مشاهده بوده، هر چند در موارد مرگ و میر مطالعات بلندمدت می‌تواند اطلاعات بیشتری را نمایان کند. این مطالعه نشان داد که در وقوع بیماری‌های قلبی-عروقی عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا موثرند در صورتی که در مرگ و میر تنها عناصر اقلیمی نقش اساسی را ایفا کرده‌اند. چالش اصلی مطالعه حاضر این است که بیماری قلبی-عروقی و مرگ ناشی از آن ممکن است تحت تاثیر پارامترهای دیگری غیر از موارد مطرح شده در این پژوهش، همچون متغیرهای مخدوش‌کننده متعدد فردی و محیطی نیز باشند.

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۲۳
تاریخ ویرایش: ۹۹/۰۹/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۳۰
تاریخ انتشار: ۹۹/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، عناصر آب و هوایی، بیماری قلبی-عروقی، مرگ و میر، مدل سری زمانی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
mitramohammadi@gmail.com

مقدمه

آلودگی‌های محیطی ناشی از پیشرفت‌های صنعتی و مکانیزه شدن زندگی بشر همواره شرایط زیستی افراد جامعه را به مخاطره افکنده است، بطوری که در این میان آلودگی هوا بیش از پیش مد نظر محققین قرار گرفته است (۱، ۲). آلودگی هوا در کشورهای در حال توسعه ناشی از ازدیاد جمعیت، ساز و کار نادرست وسایل نقلیه و استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی است (۳). آلاینده‌هایی که وارد هوا می‌شوند به صورت گازی، مایع و جامد یا ذره‌ای هستند، بطوری که از آلاینده‌های ذره‌ای می‌توان به ذرات معلق (PM_{10} , $PM_{2.5}$) و از آلاینده‌های گازی به منوکسید کربن (CO)، دی اکسید نیتروژن (NO_2)، دی اکسید گوگرد (SO_2)، ازن (O_3)، پراکسی استیل نترات (PAN) و هیدروکربن (HC) اشاره کرد (۲).

آلودگی هوا یک ریسک فاکتور مهم محیطی برای جهان و سلامت عمومی محسوب می‌شود که با افزایش هزینه‌های پزشکی و میرایی همراه است (۴). عواقب آلودگی هوا در درجه اول به صورت انواع امراض و بیماری‌های قلبی-عروقی و ریوی، کاهش سطح عملکرد فرد در فعالیت‌های روزمره، تشدید افزایش استفاده از دارو و مرگ و میر زودرس متوجه ساکنان شهرها می‌شود. طبق تحقیقات Godarzi و همکاران (۵)، ۷۲ و ۸۷ درصد از موارد تجمع مرگ و میر بیماری قلبی-عروقی و بیماری مزمن انسداد ریوی منتسب به آلاینده NO_2 در یک سال به ترتیب در روزهای با غلظت کمتر از ۳۹۰ و $110 \mu g/m^3$ رخ داده است. عوامل خطر ساز مختلفی از جمله ارت، سن، جنس، نژاد، فشارخون، مصرف سیگار و عناصر اقلیمی وجود دارند که فرد را مستعد ابتلا به بیماری‌های شریان کرونری و قلبی-عروقی می‌نماید که از این میان، عوامل محیطی و تاثیر آلاینده‌های محیطی نقش مهمی در این زمینه دارند (۶). پژوهش‌های متعددی در سال‌های اخیر در نقاط مختلف جهان انجام شده است، بطوری که در خصوص مشخص کردن رابطه بین آثار آلودگی هوا و سلامت انسان براساس

نتایج Rezaei و همکاران (۱) و همچنین Falahati و همکاران (۳)، تاثیر تشدید وضعیت کیفی آلودگی هوا و افزایش میزان بیماران به اورژانس‌های بیمارستانی به دلیل بیماری‌های قلبی-عروقی، بیماری‌های مزمن تنفسی، سرطان ریه، حساسیت چشم، حلق و بینی، کاهش دید، واکنش‌های آلرژیک، و مرگ و میر قابل توجه است. برآورد بار جهانی بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا توسط سازمان جهانی بهداشت حاکی از آن است که ۸۹ درصد از کل مرگ‌های مربوط به آلودگی هوا در اثر بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی است (۴). اکثر پژوهش‌های صورت گرفته درخصوص بررسی ارتباط مستقیم بین تعداد موارد با مشکل علائم حاد قلبی-عروقی ثبت شده در مرکز فوریت‌های پزشکی و آلودگی هوا در آمریکا و اروپا انجام شده است و در نتیجه فقدان مطالعات اپیدمیولوژیک در آسیا وجود دارد (۷). در نیمه اول قرن بیستم، شاهد رشد سریع اپیدمی بیماری‌های قلبی-عروقی به عنوان نتیجه صنعتی شدن، شهرنشینی، افزایش رفاه و تحولات اجتماعی در کشورهای با درآمد بالا و به دنبال آن کاهش چشمگیر مرگ و میر بیماری‌های قلبی-عروقی در طول نیمه دوم قرن بیستم بودیم (۸). در ایران نیز مطالعات اندکی در رابطه با چگونگی تاثیر همزمان عوامل اقلیمی و آلودگی هوا بر تعداد موارد با مشکل علائم حاد قلبی-عروقی ثبت شده در مرکز فوریت‌های پزشکی در کلان شهرهای آلوده ایران انجام شده است. از این میان می‌توان به مطالعه Dehghani و همکاران (۹) در رابطه با بررسی ارتباط میان عوامل اقلیمی و آلودگی هوا با بیماری قلبی-عروقی در شهر شیراز اشاره کرد. براساس نتایج این مطالعه مشخص گردید که بین مرگ و میر ناشی از آلاینده SO_2 با دما و فشار هوا ارتباط معنی‌داری وجود دارد. همچنین رابطه معنی‌داری بین CO و تعداد بیماران قلبی-عروقی مراجعه کننده به بیمارستان‌های این شهر مشاهده شد (۹). Ashrafi و همکار (۱۰) نیز در تحلیل پایداری جوی و همبستگی آن با غلظت آلاینده‌های هوا در شهر تهران

به عنوان دومین کلان شهر ایران، بخصوص در پاره‌ای از مواقع سال است. این شهر به دلایل متعددی از جمله جمعیت بالا، تعدد وسایل نقلیه موتوری، وجود مراکز صنعتی و مناطق زیارتی-سیاحتی، شرایط اقلیمی خاص و قرار گرفتن در بین دو رشته کوه هزارمسجد و بینالود، رتبه دوم آلودگی هوا را در کشور دارا است (۱۴). لذا با توجه به افزایش روزافزون بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن و نیز روند رو به افزایش میزان آلودگی هوا و تعداد روزهای ناسالم در شهر مشهد در سال‌های اخیر و همچنین محدودیت مطالعات انجام شده در این زمینه در کشورمان، این مطالعه با هدف ارزیابی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و آلودگی هوای شهر مشهد با بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن در سال ۱۳۹۳ توسط مدل سری زمانی انجام شد.

مواد و روش‌ها

- جمع آوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز

در این مطالعه، از سه گروه داده متفاوت استفاده شده است. دسته اول غلظت آلاینده‌های اصلی هوا، دسته دوم داده‌های هواشناسی و دسته سوم داده‌های مربوط به بیماران قلبی-عروقی و مرگ و میر ناشی از آن است. مشکلات و محدودیت‌هایی از قبیل قابلیت دسترسی به داده‌ها، گردآوری، تجمیع، یکسان سازی دوره آماری، کمیت و کیفیت آمارهای موجود و ... باعث گردید دوره آماری مورد مطالعه برای سال ۱۳۹۳ که داری کاملترین داده‌ها بود صورت گیرد.

- داده‌های مربوط به نوع و میزان غلظت مواد آلاینده

در همین ارتباط میانگین غلظت ۲۴ ساعته هر یک از آلاینده‌های اصلی هوا ($PM_{2.5}$ و O_3 ، SO_2 ، NO_2 ، CO) از مرکز پایش آلاینده‌های زیست محیطی شهر مشهد برای طول دوره مطالعاتی ۱۳۹۳/۱/۱ لغایت ۱۳۹۳/۱۲/۲۹ (۳۶۵) روز، ۵۲ هفته و ۱۲ ماه پیاپی) در مجموع ۱۱۷۶۵ کارکتر داده، برای ۱۱ ایستگاه سنجش کیفیت هوا در نقاط مختلف

در سال ۲۰۱۴ نشان دادند که در دوره مورد بررسی، شرایط پایدار در ۸۹ درصد مواقع غالب بوده و لذا کمبود آمیختگی جوی و به تبع آن حبس آلودگی بیشتر بوده است. همچنین مشخص شد که غلظت آلاینده‌های CO و NO_2 با افزایش سرعت باد که اغلب از جنوب غربی است، افزایش می‌یابد. نتایج Khorshid Doost و همکاران (۱۱) نیز نشان می‌دهد با وجود صرف عناصر آب و هوایی، افزایش هر واحد از عناصر، میانگین حداقل دما، میانگین حداکثر رطوبت نسبی و سرعت باد غالب، مرگ و میر سخته قلبی را به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۰۶ و واحد افزایش و ۰/۲۰۲ واحد کاهش داده است؛ اما در صورت وجود آلودگی، با افزایش هر واحد در میانگین حداقل دما و حداکثر سرعت باد، احتمال مرگ و میر به ترتیب ۰/۲۱۱ واحد افزایش و ۰/۳۶۰ واحد کاهش پیدا کرده است. تاثیر درجه حرارت بر مرگ و میر بیماری‌های قلبی-عروقی در آب و هوای بیابانی را Khanjani و همکاران (۱۲) مورد بررسی قرار داده‌اند و نتایج پژوهش آنها حاکی از این است که بین درجه حرارت سرد و مرگ و میر بیماری مذکور، ارتباط مثبت و قوی وجود دارد. نتایج مطالعه‌ای در شهر مشهد نیز نشان داد که گسترش پرفشار سیبری بر روی فلات ایران و همچنین استقرار پرفشار در غرب ایران در نیمه سرد سال به عنوان الگوی مهمی در افت دما، پایداری هوا، نبود تهویه هوا، تراکم غلظت آلاینده‌ها و در نهایت افزایش مرگ و میرهای قلبی-عروقی در سطح شهر مشهد است (۱۳). هر چند مطالعات متعدد نشان دهنده ارتباط معنی‌دار میان عناصر اقلیمی همچون دما، تابش خورشیدی، فشار، بارش، رطوبت، سرعت و جهت باد با شیوع بیماری‌های قلبی-عروقی، ریوی، چشمی و سرطان پوست است. این عوامل به طور مستقیم و یا غیرمستقیم در میزان تولید آلاینده‌ها، میزان انتشار و پراکنش آنها و نیز میزان دریافت آلاینده‌ها در نقاط مختلف تاثیر گذارند (۲).

در حال حاضر آلودگی هوا و تولید حجم بسیار زیادی از آلاینده‌های مختلف، یکی از مشکلات اصلی شهر مشهد

کتابخانه‌ای جمع آوری و سپس با در نظر گرفتن ملاحظات و شرایط، مدل و الگوی تحلیلی مناسب انتخاب شد. سری زمانی مجموعه‌ای از مشاهدات درباره یک متغیر است که در نقاط گسسته‌ای از زمان که معمولاً فاصله‌های مساوی دارند اندازه‌گیری شده و بر حسب زمان مرتب شده‌اند. بنابراین یک سری زمانی از مشاهده یک پدیده در طول زمان بدست می‌آید. از جمله مزایای سری‌های زمانی می‌توان به نیاز آنها به اطلاعات جانبی کمتر اشاره کرد که این خود باعث گردیده تمایل به استفاده از آن زیاد شود. لذا با توجه به اطلاعات و داده‌های موجود در این مطالعه که در طول زمان و در فواصل زمانی مساوی جمع آوری و مرتب‌سازی شده است، از مدل سری زمانی برای توصیف و تشریح داده‌ها استفاده شد.

مقادیر روزانه، هفتگی، ماهانه و سالانه داده‌های گردآوری شده، محاسبه و جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزارهای آماری (SPSS (20) و R (3.3.0) استفاده شد. در ابتدا از پکیج tsoutliers و برازش مدل ساریما، در نرم افزار R (3.3.0) به منظور شناسایی داده‌های پرت و داده‌های گمشده استفاده شد. اگرچه تاثیر تغییر پارامترهای اقلیمی و آلودگی هوا بر بدن انسان در همان روز قابل مشاهده است اما در موارد زیادی تغییرات آب و هوایی دارای بازتاب‌هایی بوده، که امکان دارد اثر آن در روزهای دیگر نیز ظاهر شود. به این منظور و در این مطالعه، تاثیرپذیری اثرات بهداشتی از پارامترهای هواشناسی و آلودگی هوا در بازه‌های زمانی مختلف با اعمال تاخیرهای زمانی مورد بررسی قرار گرفت. لذا جهت بررسی تاثیر پارامترهای هواشناسی و مقادیر آلاینده هوا بر روی بیماران قلبی-عروقی و مرگ و میر ناشی از بیماری مذکور با تاخیر زمانی (Lag) روزانه، هفتگی و ماهانه از مدل سری زمانی باکس جنکینز (Box Jenkins time series model) (مدل تلفیقی اتورگرسیون و میانگین متحرک معروف به Autoregressive Integrated Moving) ARIMA (Average) در سطح معنی‌داری ($p < 0.05$) استفاده

شهر مشهد دریافت گردید. سپس نوع و غلظت آلاینده‌ها براساس میانگین، حداقل و حداکثر روزانه، هفتگی، ماهانه و سالیانه مرتب شد.

- داده‌های هواشناسی

داده‌های مربوط به عناصر هواشناسی همچون دما، فشار، رطوبت نسبی، سرعت باد و بارندگی شهر مشهد نیز در طول دوره مطالعاتی با مراجعه به اداره کل هواشناسی مشهد تهیه و در مقیاس زمانی روزانه، هفتگی و ماهانه مرتب گردید. با توجه به اینکه داده‌های فشار براساس فواصل ۳ ساعته مورد سنجش قرار گرفته بودند، داده‌ها براساس میانگین روزانه محاسبه و جاگذاری گردیدند. سپس داده‌های مرتب‌سازی شده در محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفتند.

- داده‌های مربوط به بیماری و مرگ و میر

داده‌های مربوط به بیماران قلبی-عروقی (شامل بیماران سرپایی و انتقال به بیمارستان) و همچنین مرگ و میر ناشی از بیماری مذکور در بازه‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه و در سال ۱۳۹۳ از مرکز فوریت‌های پزشکی مشهد و سازمان فردوس‌های مشهد گردآوری شد. این آمار شامل ۱۴۵۲۰ مورد بیماران قلبی-عروقی (شامل بیماری‌های فشارخون بالا، آنژین صدری، آنفارکتوس حاد میوکارد، بیماری‌های قلبی مزمن ناشی از کم‌خونی، ناتوانی قلب، اتساع رگ آنورت و انسداد سرخرگی و ترومبوز (تشکیل لخته خون)، التهاب وریدها و رگ‌ها همراه با ترومبوز و سایر بیماری‌های قلبی-عروقی) و ۱۱۷ مورد مرگ و میرهای مرتبط بود. داده‌های فوت شامل اطلاعات تکمیلی از قبیل سن، تاریخ تولد (روز، ماه و سال)، محل فوت و محل زندگی بیماران و متوفیان نیز بود که در تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت.

- آنالیز آماری

این پژوهش یک مطالعه مقطعی و از نوع توصیفی-تحلیلی با کمک کاربرد رگرسیون سری زمانی است. به این ترتیب که ابتدا مباحث نظری و مطالعات تجربی تحقیق به روش

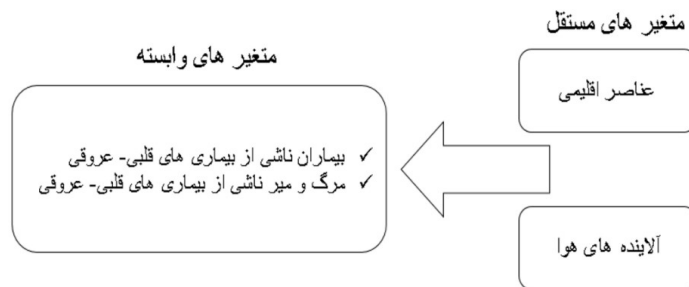
فردی است. مطالعه حاضر از نوع دسته سوم بوده و سعی شده است تا پس از حذف عوامل مخدوش کننده‌های خاص (عمدتاً متغیرهای اقلیمی و متغیر زمان) و نیز توجه به سایر ویژگی‌های داده‌های سری زمانی به بررسی ارتباط عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا با مرگ و میر ناشی از بیماری‌های تنفسی و قلبی-عروقی بپردازد (۱۵).

یافته‌ها

- بررسی ارتباط بین عناصر هواشناسی و آلودگی هوا با تعداد بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن در این بررسی تعداد بیماران و مرگ و میر روزانه، هفتگی و ماهانه ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی ثبت شده در مرکز فوریت‌های پزشکی و سازمان فرودس‌های مشهد و همچنین میزان عناصر هواشناسی و غلظت آلاینده‌های هوا در شهر مشهد در سال ۱۳۹۳ مورد مطالعه قرار گرفت. میانگین بیماران قلبی-عروقی در شهر مشهد در سال ۱۳۹۳ بصورت روزانه، هفتگی و ماهانه به ترتیب برابر ۴۰، ۲۸۱ و ۱۲۰۴ و برای موارد مرگ و میر به ترتیب برابر ۲ و ۱۰ بود. نتایج نشان می‌دهد که میزان بیماران و مرگ و میر در روزهای مختلف سال دارای مقادیر متفاوت بوده و در نیمه دوم سال تعداد بیماران و مرگ و میر روزانه، هفتگی و ماهانه بیشتر از نیمه اول سال بوده و در مجموع در طول سال سیر صعودی داشته است. نمودار ماهانه تعداد بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۳ در نمودار ۱ نشان داده

شد. در انتها نیز آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس (Kruskal-Wallis test) به منظور بررسی اثر فصول بر بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن، با توجه به عدم برخوردار بودن داده‌های مربوطه از توزیع نرمال استفاده شده است. لازم به ذکر است که در این روش آماری، عناصر اقلیمی هوا و همچنین آلاینده‌های هوا به عنوان متغیرهای مستقل و عناصر اقلیمی و زمان (روز، هفته، ماه سال و فصل سال) به عنوان عوامل مخدوش کننده، تعداد مراجعین به اورژانس با تشخیص بیماری قلبی-عروقی و همچنین مرگ و میر بیماری قلبی-عروقی به عنوان متغیرهای وابسته در مطالعه در نظر گرفته شده‌اند (شکل ۱).

بطور کلی مطالعاتی را که در زمینه اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان انجام شده‌اند، می‌توان در سه دسته کلی تقسیم بندی کرد که هر کدام در یک دوره زمانی انجام شده‌اند. دسته اول مربوط به سنجش پیامد (مرگ یا بیماری) قبل و بعد از یک افزایش خیلی شدید در آلاینده‌ها (قبل از دهه ششم قرن بیستم) است. الگوی این مطالعات شبیه مطالعه بیماری‌های واگیردار بود. دسته دوم مربوط به سنجش فراوانی پیامد در جوامع مختلف که سطوح مختلفی از آلاینده‌ها را داشتند، است (دهه‌های ششم و هفتم). نتایج این مطالعات بشدت تحت تاثیر مخدوش کننده‌های فردی قرار داشت. نهایتاً دسته سوم رابطه بین تغییرات جزئی تر سطح آلاینده‌ها و تعداد پیامدها طی زمان در یک جامعه (تا زمان حال) را بیان می‌کند. ویژگی این مطالعات حذف مخدوش کننده‌های

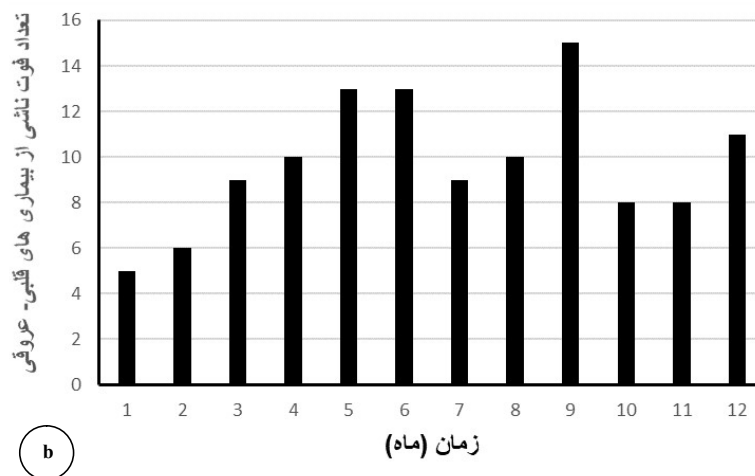
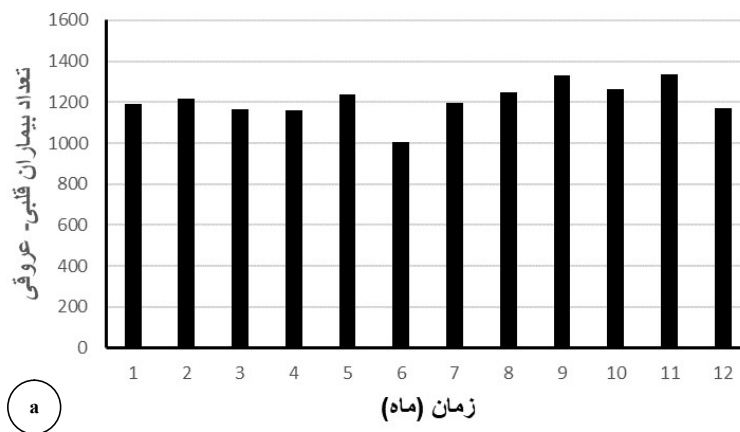


شکل ۱- ساختار متغیرهای تحقیق

میزان فشار و رطوبت در آذر ماه و بیشترین میزان دما و سرعت باد در تیر ماه بوده است، کمترین میزان فشار، رطوبت، دما، سرعت باد به ترتیب در ماه‌های تیر، مرداد، آذر، آذر بوده است. میزان بیشترین بارندگی در فروردین ماه بوده و کمترین میزان بارندگی در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور بوده است. همچنین بیشترین غلظت $PM_{2.5}$ ، NO_2 ، O_3 ، CO و SO_2 به ترتیب در ماه‌های مهر، اسفند، خرداد، فروردین و خرداد بوده و کمترین غلظت آلاینده‌های مذکور به ترتیب در ماه‌های اسفند، بهمن، آذر، شهریور و مرداد بوده است. علاوه بر این لازم به ذکر است که تراکم کلیه آلاینده‌های مذکور کمتر از استاندارد آستانه سلامتی مصوب سال ۱۳۹۰ است. همچنین

شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین تعداد بیماران قلبی-عروقی (۱۳۳۴ نفر) در بهمن ماه و کمترین آن در شهریور ماه (۱۰۰۵ نفر) (نمودار a-۱) و در موارد مرگ و میر قلبی-عروقی بیشترین تعداد (۱۵ نفر) در ماه آذر و کمترین آن در فروردین ماه (۵ نفر) (نمودار b-۱) بوده است.

میانگین ماهیانه عناصر اقلیمی فشار، رطوبت، دما، سرعت باد و بارندگی به ترتیب برابر hPa $۹۰۳/۳$ ، $۴۹/۱$ درصد، $۱۶/۰۴^{\circ}C$ ، $۶/۸۳$ m/s و $۲۳/۶۶$ mm بوده و این مقدار در خصوص غلظت آلاینده‌های $PM_{2.5}$ ، NO_2 ، O_3 ، CO و SO_2 به ترتیب برابر $۲۲/۶$ $\mu g/m^3$ ، $۲۲/۲۱$ ppb، $۱۴/۸۷$ ppb و $۱/۸۱$ ppm و $۱۳/۶۳$ ppb است. بیشترین



نمودار ۱- میانگین ماهانه بیماران (a) و مرگ و میر (b) ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی شهر مشهد در سال ۱۳۹۳

که در این معادلات، Y_t برابر متغیر وابسته (بیماران قلبی-عروقی یا فوت ناشی از آن)، et بیانگر خطای مدل رگرسیون سری زمانی در زمان t در مدل سری زمانی تصادفی محض، $Pressure$ برابر فشار، $Humidity$ برابر رطوبت، $Temperature$ برابر دما، $Wind\ speed$ برابر سرعت باد و $Rainfall$ برابر بارندگی است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که از میان عناصر اقلیمی در بررسی روزانه تنها فشار (رابطه معکوس)، در بررسی هفتگی فشار (رابطه معکوس)، رطوبت (رابطه مستقیم) و بارندگی (رابطه معکوس) و در بررسی ماهانه، رطوبت (رابطه مستقیم)، دما (رابطه مستقیم) و سرعت باد (رابطه معکوس) اثر معنی‌داری ($p < 0.05$) با تعداد بیماران قلبی-عروقی داشته است. در حالی که دیگر عناصر اقلیمی رابطه معنی‌داری با تعداد بیماران قلبی-عروقی در سطح معنی‌داری ۵ درصد نداشته‌اند. با توجه به اینکه سرعت باد به لحاظ قدر مطلق در میان این عناصر دارای بیشترین اثر بوده، در می‌یابیم که در سرعت‌های کمتر باد، تعداد بیماران قلبی-عروقی افزایش می‌یابد. در واقع در بین عناصر مذکور میانگین سرعت باد با برتری $122/38$ نقش عمده‌ای را بر تعداد بیماران بازی می‌کند. همچنین در بررسی ماهانه بیماران، رطوبت و دما به ترتیب با ضریب تاثیر $16/2471$ و $48/1628$ ، دارای اثر مثبت بوده و افزایش آنها موجب افزایش بیماران قلبی-عروقی خواهد شد (جدول ۱). از میان آلاینده‌های هوا نیز در بررسی هفتگی، $PM_{2.5}$ (رابطه معکوس) و CO (رابطه مستقیم) و در بررسی ماهانه $PM_{2.5}$ (رابطه معکوس) با ضریب تاثیر $7/3905$ ، رابطه معنی‌داری با تعداد بیماران قلبی-عروقی داشته‌اند (جدول ۱).

در موارد فوت نیز در بررسی هفتگی تنها فشار (رابطه مستقیم) و در مطالعه ماهانه فشار (رابطه مستقیم)، دما (رابطه معکوس) و بارندگی (رابطه معکوس) رابطه معنی‌داری ($p < 0.05$) با میزان مرگ و میر بیماری‌های

مشخص شد که در روزهای منفرد مقادیر آلاینده‌ها بسیار بالاتر از متوسط ماهیانه آنها است. برای نمونه در بعضی از روزها غلظت NO_2 و SO_2 به ترتیب به 0.6 ppm و 0.5 ppm و میزان غلظت $PM_{2.5}$ به $105/1 \mu g/m^3$ بوده است.

برآزش مدل نهایی برای تعیین رابطه روزانه، هفتگی و ماهانه بین عناصر هواشناسی و آلاینده‌های هوا با تعداد بیماران قلبی-عروقی، به ترتیب برابر یک مدل $ARIMA(1,0,1)$ ، $ARIMA(0,0,0)$ و $(0,0,0)$ است. هر چند مدل‌های $ARIMA(0,0,0)$ ، $ARIMA(0,0,0)$ و $ARIMA(0,0,0)$ برای بررسی رابطه میان عوامل مذکور با تعداد مرگ و میر بیماری‌های قلبی-عروقی به ترتیب در حالت‌های روزانه، هفتگی و ماهانه استفاده گردید. ضرایب عناصر اقلیمی و آلاینده‌ها در مدل نهایی و نیز اندازه رابطه آنها با پیامد (تعداد بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن) در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. همچنین معادلات ۱ و ۲، به ترتیب معادلات بکار رفته جهت محاسبه مدل تعیین رابطه بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن با عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا را در مقیاس ماهانه نشان می‌دهند.

(۱)

$$Y_t = 53633 - 58/3570 \text{ Pressure (hPa)} + 16/2471 \text{ Humidity (\%)} + 48/1628 \text{ Temperature (}^\circ\text{C)} - 122/3884 \text{ Wind speed (m/s)} + 5/8296 \text{ Rainfall (mm)} + 7/3905 \text{ PM}_{2.5} (\mu\text{g/m}^3) + 5/7454 \text{ NO}_2 \text{ (ppm)} - 31/7593 \text{ O}_3 \text{ (ppm)} - 167/5056 \text{ CO (ppm)} + 18/4772 \text{ SO}_2 \text{ (ppm)} + et$$

(۲)

$$Y_t = -5926/751 + 6/5904 \text{ Pressure (hPa)} + 0/0658 \text{ Humidity (\%)} - 1/5728 \text{ Temperature (}^\circ\text{C)} + 3/0391 \text{ Wind speed (m/s)} - 1/1704 \text{ Rainfall (mm)} + 0/1326 \text{ PM}_{2.5} - 1/5084 \text{ NO}_2 \text{ (ppm)} + 4/8351 \text{ O}_3 \text{ (ppm)} + 25/7857 \text{ CO (ppm)} - 5/2987 \text{ SO}_2 \text{ (ppm)} + et$$

جدول ۱- پارامترهای مدل نهایی تعیین رابطه بیماران قلبی-عروقی با عناصر اقلیمی و آلاینده های هوا

| آلاینده های هوا | | | | عناصر اقلیمی | | | | ضریب | | | مقیاس زمانی | | |
|--------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|---|-----------------|-------------------|----------|-----------------|------------|--------|-------------|----------|----------------------|
| SO ₂ (ppm) | CO (ppm) | O ₃ (ppm) | NO ₂ (ppm) | PM _{2.5} (µg/m ³) | بارندگی (mm) | سرعت باد (m/s) | دما (°C) | رطوبت (درصد) | فشار (hPa) | ma 2 | ma 1 | ar 1 | نام متغیر |
| -۰/۰۰۹۹ | ۰/۴۹۷۳ | -۰/۱۴۰۳ | -۰/۰۰۰۹ | -۰/۰۳۸۰ | ۰/۰۲۵۹ | -۰/۰۲۰۱ | ۰/۰۰۶۱ | -۰/۰۵۲۹ | -۰/۳۷۶۳ | ۰/۹۷۷۷ | ۰/۸۵۴۶ | ۰/۹۷۷۷ | برآورد ضریب |
| ۰/۹۴۳۳ | ۰/۷۷۴۴ | ۰/۱۶۲۳ | ۰/۹۲۷۶ | ۰/۳۲۴۷ | ۰/۴۵۴۳ | ۰/۹۰۲۲ | ۰/۹۷۲۰ | ۰/۱۴۹۰ | ۰/۰۰۲۲ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۰۶ | p ^o مقدار |
| ۰/۶۴۰۶ | ۳۸/۹۷۸۰ | -۱/۵۴۸۲ | -۰/۲۱۳۵ | -۱/۰۲۱۳ | -۱/۳۷۵۵ | -۱/۴۴۱۹ | - | ۰/۹۸۳۷ | -۲/۶۳۹۲ | - | - | ۲۶۱۱/۸۸۵ | برآورد ضریب |
| ۰/۶۴۶۲ | ۰/۰۳۲۷ | ۰/۰۶۶۲ | ۰/۶۹۲۹ | ۰/۰۱۶۲ | ۰/۰۰۱۱ | ۰/۶۳۳۹ | - | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۳۵۳ | - | - | ۰/۰۲۱۹ | p مقدار |
| ۱۸/۴۷۲۳ | -۱۶/۵۰۵۶ | -۳/۱۷۵۹۳ | ۵/۷۴۵۴ | -۷/۳۹۰۵ | ۵/۸۲۹۶ | -۱۲/۳۸۸۴ | ۴۸/۱۶۲۸ | ۱۶/۳۴۷۱ | -۵۸/۳۵۷۰ | - | - | ۵۲۶۳۳/۰۰ | برآورد ضریب |
| ۰/۷۵۲۷ | ۰/۵۷۹۸ | ۰/۵۵۱۸ | ۰/۷۳۲۱ | ۰/۰۲۱۲ | ۰/۶۱۴۶ | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۱۵ | ۰/۳۶۹۷ | - | - | ۰/۳۶۱۷ | p مقدار |

ار 1^a مولفه های مدل اتورگرسیون مرتبه ۱
 ma 1^b و ma 2 میانگین مدل متحرک مرتبه ۱ و ۲
 p، سطح معنی داری مدل (مقدار احتمالی است که میزان سازگاری داده های نمونه را با نتیجه H0 اندازه می گیرد)

بالا می‌رود. همچنین دما و بارندگی در بررسی ماهانه به ترتیب با ضریب تاثیر ۱/۵۷۲۸ و ۱/۱۷۰۴ دارای اثر منفی بوده و کاهش آنها موجب افزایش مرگ و میر قلبی-عروقی خواهد شد (جدول ۲).

بررسی اثر فصول بر بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن

جدول ۳ نتایج آزمون کروسکال-والیس را جهت بررسی اثر فصول بر بیماران قلبی-عروقی نشان می‌دهد. فرضیه صفر در این آزمون بیان می‌کند که بین فصل‌ها در بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن تفاوت معنی‌داری

قلبی-عروقی داشته‌اند. در حالی که دیگر عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا رابطه معنی‌داری با تعداد مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی-عروقی در سطح معنی‌داری ۵ درصد نداشته‌اند. با توجه به اینکه در موارد مرگ و میر، متغیر فشار دارای بیشترین اثر بوده است در می‌یابیم که در فشارهای بیشتر جوی، میزان مرگ و میر قلبی-عروقی افزایش می‌یابد. در واقع در بین عناصر مذکور میانگین فشار با برتری ۶/۵۹ نقش عمده‌ای را بر افزایش مرگ و میر بازی می‌کنند؛ زیرا با افزایش هر واحد فشار در شهر مشهد، ۶/۵۹ واحد احتمال مرگ و میر قلبی-عروقی

جدول ۲- پارامترهای مدل نهایی تعیین رابطه فوت ناشی از بیماری قلبی-عروقی با عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا

| آلاینده‌های هوا | | | | | عناصر اقلیمی | | | | ضریب | | | |
|--------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|---|-----------------|-------------------|----------|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| SO ₂ (ppm) | CO (ppm) | O ₃ (ppm) | NO ₂ (ppm) | PM _{2.5} (µg/m ³) | بارندگی (mm) | سرعت باد (m/s) | دما (°C) | رطوبت (درصد) | فشار (hPa) | ma 2 ^b | ma 1 ^b | ar 1 ^a |
| -۰/۰۱۳۵ | -۰/۰۹۵۴ | ۰/۰۰۲۱ | ۰/۰۰۰۷ | ۰/۰۰۴۳ | -۰/۰۰۱۶ | ۰/۰۱۶۴ | -۰/۰۰۳۳ | ۰/۰۰۲۳ | ۰/۰۰۴۷ | - | - | - |
| ۰/۱۵۶۹ | ۰/۴۰۶۱ | ۰/۷۱۵۱ | ۰/۲۸۲۸ | ۰/۱۱۳۱ | ۰/۵۷۰۷ | ۰/۲۱۱۸ | ۰/۶۶۷۴ | ۰/۳۹۳۲ | ۰/۵۹۱۷ | - | - | - |
| -۰/۰۷۵ | -۱/۰۳۱۸ | -۰/۰۵۵۵ | -۰/۰۲۴۷ | -۰/۰۲۴۹ | ۰/۰۳۶۲ | ۰/۰۸۴۷ | ۰/۰۰۹۷ | - ^d | ۰/۰۰۷۵ | - | - | - |
| ۰/۴۴۳۳ | ۰/۳۹۹۸ | ۰/۳۲۷۲ | ۰/۵۰۰۶ | ۰/۳۸۹۹ | ۰/۱۶۹۲ | ۰/۶۷۶۷ | ۰/۸۰۲۶ | - ^d | ۰/۰۰۶ | - | - | - |
| -۵/۲۹۸۷ | ۲۵/۷۸۵۷ | ۴/۸۳۵۱ | -۱/۵۰۸۴ | ۰/۱۳۲۶ | -۱/۱۷۰۴ | ۳/۰۳۹۱ | -۱/۵۷۲۸ | ۰/۰۶۵۸ | ۶/۵۹۰۴ | - | - | - |
| ۰/۰۷۸۴ | ۰/۰۹۴۱ | ۰/۰۷۵۲ | ۰/۰۷۷۵ | ۰/۴۱۶۹ | ۰/۰۴۷۰ | ۰/۰۸۲۷ | ۰/۰۳۰۱ | ۰/۸۰۱۳ | ۰/۰۴۶۶ | - | - | - |

ar 1^a = مولفه‌های مدل اتورگرسیون مرتبه ۱

ma 1^b و ma 2 مولفه‌های مدل میانگین متحرک مرتبه ۱ و ۲

^cp، سطح معنی‌داری مدل (مقدار احتمالی است که میزان سازگاری داده‌های نمونه را با نتیجه H0 اندازه می‌گیرد)

^d= به دلیل عدم تاثیر معنی‌دار عامل اقلیمی مذکور بر مدل نهایی و لذا حذف آن، مقادیری برای پارامترهای برآورد ضریب و مقدار p ارائه نشده است.

جدول ۳- آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس جهت بررسی اثر فصول بر بیماران قلبی-عروقی

| مقدار p | درجه آزادی | آماره آزمون | نام متغیر |
|---------|------------|-------------|----------------------|
| ۰/۰۰۰۰ | ۳ | ۳۷/۷۸۳ | بیماران قلبی-عروقی |
| ۰/۲۳۲ | ۳ | ۴/۲۹۱ | مرگ و میر قلبی-عروقی |

وجود ندارد. از آنجایی که مقدار p (سطح معنی داری) حاصل در این قسمت و برای بیماران قلبی-عروقی کمتر از $0/05$ شده است، بنابراین می توان بیان نمود که بین میانگین بیماران قلبی-عروقی در فصول مختلف سال تفاوت معنی داری وجود دارد. هر چند در مورد مرگ و میر قلبی-عروقی، مقدار p حاصل بیشتر از $0/05$ شده است و لذا میان میانگین مرگ و میر قلبی-عروقی در فصول مختلف سال تفاوت معنی داری وجود ندارد.

با توجه به نتایج ذکر شده و وجود تفاوت معنی دار بین میانگین بیماران قلبی-عروقی در فصول مختلف سال، تشخیص تفاوت بین گروه ها به صورت دو به دو توسط آزمون تعقیبی LSD انجام پذیرفت (نتایج نشان داده نشده است). نتایج بیان کننده آن است که بین بیماران قلبی-عروقی در فصل تابستان و بهار و همچنین پاییز و زمستان تفاوت معنی داری وجود ندارد اما در بقیه فصول با هم تفاوت معنی داری در سطح $0/05$ مشاهده می شود. بطوری که تفاوت معنی داری بین بهار و پاییز، بهار و زمستان، تابستان و پاییز، تابستان و زمستان ملاحظه می شود. بطور خلاصه می توان بیان نمود که بیشترین میزان بیماران قلبی-عروقی در سال مورد مطالعه به ترتیب در فصل های پاییز، زمستان، بهار و تابستان اتفاق افتاده است.

بحث

با توجه به نمودار $b-1$ می توان بیان نمود که به احتمال زیاد، میزان بالای بیماران و مرگ و میر در ماه های سرد سال ناشی از فراوانی وقوع پدیده اینورژن در این ایام است. مطالعات Mohammadi و همکاران (۱۶) نیز نشان می دهد که تعداد فوت شدگان بیماری های قلبی-عروقی در ماه های سرد سال از جمله آذر (دسامبر)، دی (ژانویه) و بهمن (فوریه) بیشتر از سایر اوقات بوده که می تواند به دلیل سرد شدن هوا، افزایش فشار، کاهش تابش خورشید و کوتاه بودن طول روز و کاهش ارتفاع لایه اینورژن در این ایام و در نتیجه افزایش غلظت مواد آلاینده و تراکم

آن در فضای محدودی از سطح زمین باشد. بنابراین بایستی به بیماران قلبی-عروقی در فصول سرد سال، هشدارهای لازم داده شود تا این افراد از پیاده روی های طولانی مدت و مخصوصا در هوایی که با وزش باد همراه است خودداری نمایند. در ضمن سیستم های درمانی نیز باید آمادگی بیشتری برای پذیرش این بیماران در این فصول داشته باشند (۱۷).

نتایج جدول ۱ و ۲ نشان می دهد که دما اثرات متفاوتی بر تعداد بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن دارد به گونه ای که در بررسی ماهانه بیماران، دما دارای رابطه مثبت با پیامد بوده و بالا رفتن آن موجب افزایش بیماران قلبی-عروقی می شود. به دلیل اینکه بزرگترین تاثیری که پارامتر دما بر آلودگی هوا دارد، ایجاد اختلاف فشار در مناطق مختلف و در نتیجه ایجاد حرکت در هوا و جابجایی و پراکنش آلودگی است، لذا می توان عنوان نمود که در این شرایط شاهد کاهش غلظت آلاینده ها و در نتیجه کاهش تعداد بیماران خواهیم بود. هر چند در بررسی ماهانه تعداد فوت، دما دارای رابطه منفی با پیامد بوده و کاهش آن موجب افزایش مرگ و میر قلبی-عروقی خواهد شد. دمای پایین هوا میزان شیوع حملات قلبی و احتمال مرگ ناشی از آن را افزایش می دهد. عضله قلب در دماهای پایین جهت مقابله با افت دمای بدن بیش از حالت عادی شروع به فعالیت نموده و همچنین عروق کرونری قلب در دمای پایین منقبض شده و خون رسانی به خود قلب مختل گشته و بدین ترتیب احتمال سکته قلبی مخصوصا در افرادی که سابقه بیماری دارند افزایش می یابد (۱۸).

به نظر پزشکان کاهش دما باعث افزایش مقاومت عروق و کاهش جریان خون عروق کرونر می شود. همچنین سرما سبب افزایش تعداد پلاکت ها، گلبول های قرمز، غلظت خون و فیبرینوژن می شود و آنتی ترومبین با سرما کاهش می یابد که این تغییرات زمینه را برای پارگی پلاک آترومی و تشکیل لخته و در نهایت حوادثی مانند سکته فراهم می کند (۱۷).

از میان آلاینده های هوا نیز در بررسی هفتگی، $PM_{2.5}$

آلاینده‌ها، خود آلاینده‌ها مستقیماً ارتباط معنی‌داری نشان ندادند اما بطور غیرمستقیم، با افزایش هر واحد در میانگین حداقل دما و حداکثر سرعت باد، احتمال مرگ و میر به ترتیب ۰/۲۱۱ واحد افزایش و ۰/۳۶۰ واحد کاهش پیدا کرده است. بدین معنی که با افزایش هر واحد دما با وجود آلاینده‌ها در منطقه احتمال ۰/۰۵۱ واحد نسبت به نبود آنها، بر روی مرگ و میر بیشتر تاثیر دارد.

در نهایت در ارزیابی عناصر هواشناسی با فوت شدگان بیماری‌های قلبی-عروقی و ارتباط آنها با یکدیگر نمی‌توان آنها را جدا از یکدیگر بررسی کرد، چون بین عناصر اقلیمی مانند دما، فشار و رطوبت نسبی ارتباط نزدیکی وجود دارد، بطوری که رطوبت نسبی با افزایش دما، کاهش پیدا کرده و با کاهش دما، افزایش پیدا می‌کند و فشار هوا نیز با شروع فصل سرد سال و کاهش دما، افزایش می‌یابد. با توجه به آمار فوت شدگان بیماری‌های قلبی-عروقی می‌توان به این نتیجه رسید که بیشترین تعداد فوت شدگان نیز در ماه‌های سرد سال و همزمان با کاهش دما و افزایش فشار و کاهش ارتفاع لایه وارونگی که سبب افزایش غلظت مواد آلاینده می‌شود، همراه است.

چالش اصلی که در اکثر مطالعات و از جمله مطالعه حاضر مشاهده شده این است که بیماری قلبی-عروقی و مرگ ناشی از آن ممکن است تحت تاثیر متغیرهای دیگری نیز ایجاد شود و این در حالی است که کمتر مطالعه‌ای به اثرات متغیرهای مخدوش کننده متعدد فردی و محیطی، پرداخته‌اند و لذا نتایج حاصل و عدم ارتباط برخی با هم به احتمال زیاد ناشی از عوامل دیده نشده در این مطالعه است. در واقع وجود رابطه معکوس میان برخی از آلاینده‌ها با بیماران قلبی-عروقی و فوت ناشی از آن در برآزش مدل حاضر، احتمالاً بعلا عوامل مختلفی از جمله افزایش سن، سابقه خانوادگی، کم تحرکی، وزن زیاد، مصرف سیگار، بالا بودن چربی خون، فشار خون بالا و رژیم غذایی ناسالم است (۲۲). لذا کاربرد روش‌ها و مدل‌های پیشرفته آماری مانند مدل شبکه عصبی احتمالی،

(رابطه معکوس) و CO (رابطه مستقیم) و در بررسی ماهانه PM_{2.5} (رابطه معکوس)، رابطه معنی‌داری با تعداد بیماران قلبی-عروقی داشته‌اند. گاز CO در لایه سطحی تروپوسفر تحت تاثیر تابش فرا بنفش خورشید و در رشته واکنش‌های مربوط به ازن فتوشیمیایی قرار گرفته و تبدیل به CO₂ می‌شود. گاز مونواکسیدکربن تمایل شدیدی به ترکیب با هموگلوبین خون دارد که پیامد آن تشکیل کربوکسی هموگلوبین است که موجب کاهش ظرفیت ریه‌ها می‌گردد. فردی که در برابر این گازها قرار می‌گیرد ابتدا بعد از ۲۰ دقیقه مرکز اعصابش تحریک شده دچار درد پیشانی و سردرد، حالت تهوع، ضعف و تیرگی رنگ و شدت ضربان قلب می‌شود (۲). تحقیقات علمی نشان داده است که ذرات معلق از دیدگاه مخاطرات بهداشت عمومی و سلامتی، از آلاینده‌های اصلی هوا هستند و در میان آلاینده‌های هوا می‌توانند باعث انواع وسیعی از اثرات بهداشتی مثل برونشیت، آسم، سرطان ریه و بیماری‌های قلبی-عروقی شوند (۱۹). PM_{2.5}، ذرات معلق موجود در اتمسفر هستند و از ترکیبات پیچیده‌ای مثل کربن آلی و عنصری، گردوغبار معدنی، عناصر کمیاب و آب تشکیل شده‌اند که باعث بیماری‌های تنفسی و قلبی-عروقی می‌شوند (۲۰). در مطالعه Hatami و همکاران (۲۱) نیز ارتباط معنی‌داری بین میانگین ماهیانه آلاینده‌های SO₂، NO₂ و PM_{2.5} و همچنین عناصر اقلیمی چون فشار، سرعت باد و بارندگی با مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی بوده است.

نتایج مطالعه Khorshid Doost و همکاران (۱۱) نشان می‌دهد که مرگ و میر سکنه قلبی، متاثر از عناصر میانگین حداقل دما، میانگین حداکثر رطوبت نسبی و سرعت باد غالب است. در میان عناصر مذکور، متوسط حداقل دما با برتری لگاریتمی ۰/۱۶، نقش عمده‌ای را بر روی افزایش میزان مرگ و میر نسبت به متوسط حداکثر رطوبت نسبی و سرعت باد غالب بازی می‌کند. لازم به ذکر است که باد غالب نقش اساسی در کاهش مرگ و میر دارد. با وجود

معنی داری بین میانگین ماهیانه عناصر هواشناسی همچون فشار، دما و بارندگی با مرگ و میر بیماری‌های قلبی-عروقی نیز وجود دارد. در دوره آماری بررسی شده، رابطه معنی داری بین دیگر پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌های هوا با تعداد مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی-عروقی دیده نشد. تنها بین میانگین تعداد بیماران قلبی-عروقی در فصل‌های مختلف سال تفاوت معنی داری وجود دارد و بیشترین میزان بیماران مذکور در فصول سرد سال ثبت شده است. اگرچه تاثیر پارامترهای هواشناسی می‌تواند به صورت کوتاه مدت ظاهر شود با این حال بنظر می‌رسد بروز و ظهور عوارض بهداشتی و سلامتی بر شهروندان دارای تاخیر زمانی باشد. به طور مسلم تبیین چنین الگوهایی در ارائه سیستم‌های هشدار در موارد نوسانات پارامترهای هواشناسی می‌تواند در کاهش مرگ و میر انسانی مؤثر باشد. در نتیجه بهتر است ارتباط عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا با بیماران و مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی در بازه‌های زمانی طولانی‌تر (دوره چند ساله) صورت پذیرد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل رضایت آگاهانه، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) پایان نامه با عنوان "رویکرد سری زمانی در برآورد ارتباط عناصر اقلیمی، آلودگی هوا و موارد بیماری و مرگ ثبت شده در مرکز فوریت‌های پزشکی مشهد" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۷ است.

References

1. Rezaei Sh, Khanjani N, Mohammadi Senjedkooch S, Darabi Fard Z. The effect of air pollution on respiratory disease visits to the emergency department in Kerman, Iran. *Journal of Health & Development*. 2015;4(4):306-

رگرسیون پواسون مدل GLARMA، روش خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Model) و روش جمعی تعمیم یافته (Generalized Additive Model) به منظور ارزیابی دقیق تر و حذف همپوشانی پارامترهای مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد.

از طرفی مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در مورد بیماران قلبی-عروقی مطالعات کوتاه مدت (هفتگی) مورد نیاز است هر چند در موارد مرگ و میر، مطالعات بلند مدت (ماهانه) می‌تواند اطلاعات بیشتری را نشان دهد و لذا این موضوع باید در مطالعات اپیدمیولوژیک آلودگی هوا مدنظر قرار گیرد و در مطالعات مشابه از بازه‌های زمانی مناسب نوع عرضه استفاده شود. لازم به ذکر است که در وقوع بیماری‌های قلبی-عروقی عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا موثرند در صورتی که در مرگ و میر تنها عناصر اقلیمی نقش اساسی را در افزایش مرگ و میر ایفا کرده‌اند.

از آنجا که این مطالعه در یک شهر و با حجم اطلاعات محدودی به انجام رسیده است، پیشنهاد می‌گردد تا همین نتایج با حجم و تعداد بیشتری داده در مکان‌ها و زمان‌های بیشتر سنجش گردد. همچنین تدابیری اتخاذ گردد که دستگاه‌های سنجش آلاینده‌ها به ادوات اندازه‌گیری فراسنج‌های آب و هوایی نیز مجهز شود تا بتوان رابطه سنجی بین آلاینده‌ها و پارامترهای اقلیمی را در یک منطقه واحد بدست آورد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان دهنده وجود ارتباط معنی داری (در سطح معنی داری ۵ درصد) بین میانگین ماهانه آلاینده $PM_{2.5}$ و نیز عناصر اقلیمی چون رطوبت، دما و سرعت باد با تعداد بیماران قلبی-عروقی است. این سطح ارتباط و

14 (in Persian).

2. Shabani Sh, Ezzatiyan V. The relation between disease with climate elements and atmosphere pollutants in Isfahan. *Geographical Information Quarterly (Sepehr)*. 2014;20(80):47-56 (in Persian).

3. Falahati A, Soheili K, Nazifi M, Abbaspour S. Evaluation and modeling the effect of air pollution on health: using artificial neural network. *Iranian Journal of Epidemiology*. 2013;9(2):39-49 (in Persian).
4. Khazaei S, Motesaddi S, Etemad K, Rashidi Y, Gheibi-poor H, Rohani M. Evaluation of the association between air pollutants and number of cases with severe acute respiratory syndrome recorded at emergency medical centers in Tehran, Iran in 2013. *Journal of Health Research in Community*. 2016;2(2):37-43 (in Persian).
5. Godarzi G, Mohamadi M, Ahmadi K, Mohamadi B, Soleimani Z, Babae A, et al. Estimation of the number of cases of cardiovascular death, myocardial infarction and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) caused by exposure to nitrogen dioxide (NO₂) using the AirQ model in the air of Ahvaz in 2009. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2013;6(1):91-102 (in Persian).
6. Khamutian R, Sharafi K, Najafi F, Shahhoseini M. Association of air pollution and hospital admission for cardiovascular disease: A case study in Kermanshah, Iran. *Zahedan Journal of Research Medical Sciences*. 2014;16(11):43-46 (in Persian).
7. Behnamoon M, Sadeghi M, Garag Yaraghi M, Kossk Zari M, Naghnaeiyan M, Behjati M, et al. Evaluation of air pollution with heart failure. *Research in Medicine) Journal of Medical School*(. 2014;38(3):152-56 (in Persian).
8. Gersh BJ, Sliwa K, Mayosi BM, Yusuf S. Novel therapeutic concepts the epidemic of cardiovascular disease in the developing world: global implications. *European Heart Journal*. 2010;31(6):642-48.
9. Dehghani M, Anushiravani A, Hashemi H, Shamse-dini N. Survey on air pollution and cardiopulmonary mortality in Shiraz from 2011 to 2012: an analytical-descriptive study. *International Journal of Preventive Medicine*. 2014;5(6):734-40 (in Persian).
10. Ashrafi K, Ahmadi Orkomi A. Atmospheric stability analysis and its correlation with the concentration of air pollutants: A case study of a critical air pollution episode in Tehran. *Iranian Journal of Geophysics*. 2014;8(3):49-61 (in Persian).
11. Khorshid Doost A, Mohamadpor K, Biorani H. The effect of climatic elements and pollutants on myocardial infarction and asthma in Sanandaj. *Journal of Geographical Space*. 2014;13(42):103-25 (in Persian).
12. Khanjani N, Ranadeh Kalankesh L, Mansouri F. Air Pollution and Respiratory Deaths in Kerman, Iran (from 2006 till 2010). *Iranian Journal of Epidemiology*. 2012;8(3):58-65 (in Persian).
13. Hosseinzadeh R, Dostan R, Haghghat Ziaberi M. Investigation of synoptic patterns affecting air pollution in Mashhad metropolis. *Journal of Geography and Regional Development*. 2014;21:81-101 (in Persian).
14. Bonyadi Z, Ehrampoush MH, Ghaneian MT. Health impact assessment of the ambient PM_{2.5} concentration in Mashhad, Iran. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2016;15(5):389-98 (in Persian).
15. Qorbani M, Yunesian M. Study designs in air pollution epidemiology. *Iranian Journal of Epidemiology*. 2010;5(4):44-52 (in Persian).
16. Mohammadi H, Oveisi Rad H. Study relationship between climatic elements and pollutants on mortality from respiratory diseases in people under 12 years in Tehran City. *Geography*. 2010;3(11):33-55 (in Persian).
17. Entezari M, Moradpour S, Amiri M. Spatial distribution and the impact of geographical factors on brucellosis in Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran. *International Journal of Epidemiologic Research*. 2016;3(2):98-105.
18. Jahanbakhsh S, Tadayoni M, Salmanpour R, Jahanbakhsh E. correlation between air temperature and heart attack in Ahar city. *Journal of Natural Geography*. 2012;2(5):29-37 (in Persian).
19. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *Journal of Medical Toxicology*. 2012;8(2):166-75.
20. Ha S, Hu H, Roussos-Ross D, Haidong K, Roth J, Xu X. The effects of air pollution on adverse birth outcomes. *Environmental Research*. 2014;134:198-204.
21. Hatami M, Mohammadi M, Esmaeili R. The correlation between air pollution and death from cardiovascular and respiratory diseases. The 8th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering; 2016 November; Tehran, Iran (in Persian).
22. Dehghani M, Darvish T, Zamanian Z. Investigation of the correlation between climatic elements and air pollutants in Shiraz with mortality due to respiratory and cardiovascular diseases. The 13th National Conference on Environmental Health; 2010 November; Kerman, Iran (in Persian).



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



A time series approach to estimate the association between health effects, climate factors and air pollution, Mashhad, Iran

Sara Manochehrneya¹, Mitra Mohammadi^{1*}, Reza Esmaili², Ahmad Vahdani^{1,3}

1- Department of Environmental Science, Faculty of Environmental Science, Kheradgarayn Motahar Institute of Higher Education, Mashhad, Iran

2- Deputy of Urban Services of Mashhad Municipality, Environmental Pollutants Monitoring Center, Mashhad, Iran

3- Laboratory Experts of the General Department of Environmental Protection of North Khorasan Province, Bojnourd, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 14 October 2020

Revised: 15 December 2020

Accepted: 20 December 2020

Published: 20 December 2020

Keywords: Air pollution, Climate elements, Cardiovascular disease, Mortality, Time series model

***Corresponding Author:**

mitramohammadi@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: This study aimed to evaluate the correlation between climatic parameters and air pollution with cardiovascular disease and its associated death during 2014 in Mashhad by time series model.

Materials and Methods: Patient data (including outpatient and hospitalization) and cardiovascular mortality were obtained from the emergency medical center and Ferdowsi organization of Mashhad. Climatic parameters such as temperature, pressure, relative humidity, wind speed, and rainfall were gathered from meteorological organization. Air pollutants data were collected from Mashhad environmental pollutants monitoring center for the statistical period of 2014-2015. In this study, Jenkins Box time series model (combined model of autoregression and moving average known as ARIMA) with significance level of 5% was used to investigate the effect of climatic parameters and air pollution values on cardiovascular disease and daily, weekly and monthly excess mortality rate. Then, the effect of various seasons on the total number of patients with cardiac issues and the resulting death was investigated by Kruskal-Wallis nonparametric test.

Results: The final model for determination of monthly correlation between climatic elements and air pollutants with the number of cardiovascular patients and its corresponding death was found to be best fitted by ARIMA (0,0,0). The monthly survey revealed that humidity (positive correlation), temperature (positive correlation), wind speed (negative correlation), and PM_{2.5} (negative correlation) with average values of 16.2471, 48.1628, 122.38, and 7.3905, respectively, had significant effects on the number of people experiencing cardiovascular disease. However, the monthly survey of mortality rate due to cardiovascular disease exhibited significant correlation ($p < 0.05$) with pressure (positive correlation), temperature (negative correlation), and rainfall (negative correlation) with average values of 6.5904, 1.5728, and 1.1704, respectively. The results showed a significant difference between the numbers of patients experiencing cardiovascular diseases in different seasons of the year with the highest recorded number of 3778 in autumn.

Conclusion: The results suggest moderate correlation between atmospheric elements and air pollutants with the numbers of people experiencing cardiovascular diseases in short periods; however, in the case of long-term mortality, the correlation was strong. This study showed that climatic elements and air pollutants effectively affect cardiovascular diseases, while only climatic elements played a significant role in mortality. The main challenge of the present study is that cardiovascular disease and its resulting death may be influenced by parameters other than those considered in this study, such as multiple individual and environmental confounding variables.

Please cite this article as: Manochehrneya S, Mohammadi M, Esmaili R, Vahdani A. A time series approach to estimate the association between health effects, climate factors and air pollution, Mashhad, Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2020;13(3):545-58.

