

Research Paper

Evaluation of the Effects of Air Pollution on Hospitalization and Death Due to Corona Crisis in Tehran



Alireza Nazarian¹ , *Zahra Abedi² , Amir Ashkan Nasiri Pour³ , Alireza Haji Seyed Mirza Hoseini⁴ 

1. Department of Environmental Management-Environmental Economics, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Department of Health Services Management, Faculty Member of Health Services Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.



Citation Nazarian, A., Abedi, Z., Nasiri Pour, A. A., & Haji Seyed Mirza Hoseini, A. (2025). [Evaluation of the Effects of Air Pollution on Hospitalization and Death Due to Corona Crisis in Tehran (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 15(1):50-65. <https://doi.org/10.32598/DMKP.15.1.887.1>

 <https://doi.org/10.32598/DMKP.15.1.887.1>

ABSTRACT

Background and objective The COVID-19 pandemic is one of the most important global crises in recent decades. The present study aims to investigate the effect of air pollution on the hospitalization and death rates due to COVID-19 in Tehran, Iran.

Method This is a descriptive-correctional study on data of hospitalized, recovered, and death rates due to COVID-19 in 141 hospitals and medical centers in Tehran from February 2020 to May 2022 obtained from the Ministry of Health and Medical Education. The data from 36 air pollution monitoring stations in Tehran (affiliated to Tehran Air Quality Control Company and the Environmental Protection Organization) were also collected. The pollutants in these stations based on the air pollution index (AQI) included PM10, PM2.5, carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂), and ozone (O₃). Linear regression analysis, Pearson correlation test, and one-way analysis of variance were used to test the research hypotheses in SPSS software, version 26.

Results The effects of pollutants and the AQI on the hospitalization rate due to COVID-19 were significant. The pollutants O₃ ($\beta=0.765$, $t=2.049$), CO ($\beta=2.371$, $t=6.155$), and PM2.5 ($\beta=3.984$, $t=3.747$) had a positive effect on the hospitalization rate, while the pollutants NO₂ ($\beta=-0.664$, $t=-2.198$), PM10 ($\beta=-0.813$, $t=-3.137$), and the AQI ($\beta=-2.806$, $t=-3.524$) had a negative effect on the hospitalization rate. The effects of pollutants and the AQI on the death rate due to COVID-19 were also significant. The pollutants O₃ ($\beta=0.840$, $t=2.203$), CO ($\beta=2.461$, $t=6.256$), and PM2.5 ($\beta=4.196$, $t=3.865$) had a positive effect on the death rate due to COVID-19, while the pollutants NO₂ ($\beta=-0.736$, $t=-2.387$), PM10 ($\beta=-1.102$, $t=-4.166$), SO₂ ($\beta=-0.312$, $t=-1.183$), and the AQI ($\beta=-2.658$, $t=-3.270$) had a negative impact on the death rate. There was a strong and significant correlation between air pollution and death due to COVID-19 ($r=0.849$, $P<0.001$).

Conclusion By controlling the concentration of air pollutants, it is possible to reduce the rates of hospitalization and death caused by COVID-19.

Keywords COVID-19, Air pollution, Deaths, Hospitalization, Regression model

Article Info:

Received: 03 Sep 2024

Accepted: 05 Nov 2024

Available Online: 01 Apr 2025

* Corresponding Author:

Zahra Abedi, Professor.

Address: Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 3905928

E-mail: z.abedi@srbiau.ac.ir



Copyright © 2025 The Author(s) by "authors retain the copyright and full publishing rights"

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

The emergence of an unusual pneumonia in early 2020 in China led to the introduction of a new type of coronavirus named COVID-19, which was the cause of respiratory disease. Considering the role of air pollution in worsening COVID-19, the deterioration of the physical conditions of patients, the high potential of big cities in the accumulation of air pollutants, and the importance of environmental, economic, and human valuation in crisis management, this study aims to examine the effect of suspended particles of air pollutants on hospitalization and death rates due to COVID-19. In this regard, the number of hospitalizations and deaths due to COVID-19 in Tehran were compared based on district, month, and year of hospitalization and death from February 2020 to May 2022.

Methods

This is a descriptive-correlational study on data of hospitalized, recovered, and death rates due to COVID-19 in 141 hospitals and medical centers in Tehran from February 2020 to May 2022, which were obtained from the Ministry of Health and Medical Education. During this period, there were 402,465 infected cases. Of these, 35,614 died and 366,851 recovered. The data of 36 air pollution monitoring stations in Tehran (22 affiliated to Tehran Air Quality Control Company and 14 affiliated to the Environmental Protection Organization) was also examined. The pollutants in these stations based on the air pollution index (AQI) included PM10, PM2.5, carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂), and ozone (O₃). To test the research hypotheses, linear regression analysis, Pearson correlation test, and one-way analysis of variance were used in SPSS software, version 26.

Results

The summary of the model showed that the value of the correlation coefficient (R) between the variables of air pollution and death due to COVID-19 was 0.849, which indicates a strong correlation. The value of the adjusted coefficient of determination (0.618) showed that 61.8% of variances in deaths due to COVID-19 were explained by air pollution. In other words, air pollution predicted the death due to COVID-19.

The effects of O₃, CO, NO₂, PM10, and PM2.5 and the AQI on the hospitalization rate due to COVID-19 were significant. The pollutants O₃ ($\beta=0.765$, $t=2.049$), CO ($\beta=2.371$, $t=6.155$), and PM2.5 ($\beta=3.984$, $t=3.747$) had a positive effect on the hospitalization rate, while the pollutants NO₂ ($\beta=-0.664$, $t=-2.198$), PM10 ($\beta=-0.813$, $t=-3.137$), and the AQI ($\beta=-2.806$, $t=-3.524$) had a negative effect on the hospitalization rate.

The effects of O₃, CO, NO₂, PM10, and PM2.5 and the AQI on the death rate due to COVID-19 were also significant. The pollutants O₃ ($\beta=0.840$, $t=2.203$), CO ($\beta=2.461$, $t=6.256$), and PM2.5 ($\beta=4.196$, $t=3.865$) had a positive effect on the death rate due to COVID-19, which indicates that the increase of these pollutants increases the death rate. The pollutants NO₂ ($\beta=-0.736$, $t=-2.387$), PM10 ($\beta=-1.102$, $t=-4.166$), SO₂ ($\beta=-0.312$, $t=-1.183$), and AQI ($\beta=-2.658$, $t=-3.270$) had a negative impact on the death rate, which indicates that the increase of these pollutants causes a decrease in the death rate.

Conclusion

Air pollution affects the hospitalization and death rates due to COVID-19. To control and reduce the amount of air pollutants in metropolitan cities such as Tehran, the changes in air pollutants should be monitored regularly and continuously using satellite data, which has a lower cost and a higher work speed compared to other methods. Health care services and resources should be devoted more to the most infected areas to prevent adverse health effects in other areas. Strengthening environmental policies to reduce air pollution can mitigate the adverse effects of the COVID-19 pandemic and possibly other pandemics that may arise in the future.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles, such as obtaining informed consent from the participants, were considered. Ethical approval was obtained from the Ethics Committee of [Islamic Azad University, Yazd Branch](#) (Code: IR.IAU.YAZD.REC.1400.037).

Funding

This article was extracted from the PhD thesis of Alireza Nazarian, [Islamic Azad University, Science and Research Branch](#). This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for profit sectors.



Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.



مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات آلودگی هوا بر میزان بستری و فوتی در اثر بحران کرونا در شهر تهران

علیرضا نظریان^۱، * زهرا عابدی^۲، امیراشکان نصیری پور^۳، علیرضا حاجی سیدمیرزاحسینی^۴

۱. گروه مدیریت محیط زیست - اقتصاد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳. گروه مدیریت خدمات بهداشتی و درمانی، دانشکده علوم و فناوری های پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴. گروه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Nazarian, A., Abedi, Z., Nasiri Pour, A. A., & Haji Seyed Mirza Hoseini, A. (2025). [Evaluation of the Effects of Air Pollution on Hospitalization and Death Due to Corona Crisis in Tehran (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 15(1):50-65. <https://doi.org/10.32598/DMKP.15.1.887.1>

doi <https://doi.org/10.32598/DMKP.15.1.887.1>

حکمه

زمینه و هدف: بحران کرونا یکی از مهم ترین مسائل در چند سال اخیر است که محققین را بر آن داشته که به بررسی عوامل مؤثر در این بیماری، کنترل و بهبود این عوامل بپردازند. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیرگذاری آلودگی هوا بر میزان بستری و فوتی در اثر کرونا در شهر تهران از بهمن ماه سال ۱۳۹۸ الی اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۱ انجام شده است. این پژوهش از نظر دسته بندی تحقیقات برحسب هدف، از نوع کاربردی است و ماهیت داده ها و شیوه گردآوری آن ها توصیفی تحلیلی است.

روش: برای سنجش فرضیه های پژوهش از آزمون های آماری رگرسیون خطی، همبستگی پیرسون و تحلیل واریانس یک سویه با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شده است. منبع گردآوری داده ها، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، ایستگاه های سنجش کنترل کیفیت هوای تهران و ایستگاه های سنجش هوای سازمان حفاظت محیط زیست می باشد. پژوهش حاضر از این منظر دارای نوآوری است که برای اولین بار ارزیابی اثرات آلودگی هوا در ایام کرونا بر بستری و فوت شهروندان تهرانی بررسی شده است.

یافته ها: نتایج نشان می دهد آلودگی هوا بر میزان افراد بستری و فوتی در اثر کرونا مؤثر است. چنانچه آلایندة O_3 با ضریب تأثیر $\beta = 0.0765$ و میزان t برابر با $2/049$ بر میزان بستری و فوتی تأثیر مثبت، آلایندة NO_2 با ضریب تأثیر $\beta = -0.0736$ و میزان t برابر با $-2/387$ و آلایندة PM_{10} با ضریب تأثیر $\beta = -1/02$ و میزان t برابر با $-4/166$ بر میزان فوتی در اثر کرونا تأثیر منفی داشته است.

نتیجه گیری: مقدار ضریب همبستگی (R) بین متغیر آلودگی هوا و میزان بستری در اثر کرونا، 0.849 می باشد که نشان دهنده همبستگی قوی و معنی دار بین غلظت آلایندة های هوا و نرخ ابتلا و مرگ ناشی از ویروس کرونا است. البته این موضوع به تنهایی نشان دهنده علت مرگومیر و اثر آن نیست. از این رو با کنترل غلظت آلایندة ها می شود نرخ ابتلا و فوت ناشی از ویروس کرونا را کاهش داد. پیشنهاد می شود نظر به اهمیت ارزش گذاری اقتصادی منابع زیست محیطی و انسانی، از نتایج تحلیل این پژوهش بهره جست.

کلیدواژه ها: کووید-۱۹، آلودگی هوا، مرگومیر در اثر کرونا، بستری شدن در اثر کرونا، مدل رگرسیونی

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۳ شهریور ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۵ آذر ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۱۲ فروردین ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر زهرا عابدی

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، گروه مدیریت محیط زیست.

تلفن: ۳۹۰۵۹۲۸ (۹۱۲) ۹۸+

پست الکترونیکی: z.abedi@srbiau.ac.ir

Copyright © 2025 The Author(s) by "authors retain the copyright and full publishing rights"

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode/en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



مقدمه

خبر ابتلای چندین نفر به یک ذات‌الریه غیرمعمول در ابتدای سال نو میلادی ۲۰۲۰ به سازمان بهداشت جهانی^۱ از سوی چین، باعث معرفی نوع جدیدی از ویروس کرونا به عنوان عامل ایجاد یک بیماری تنفسی جدید گردید (توکلی و همکاران، ۲۰۲۰). اکثر بحران‌های زیست‌محیطی به‌طور مستقیم با رفتار انسان در محیط مرتبط است. رفتار مخرب ما بر روی کره زمین، از قرون گذشته تا به حال آسیب‌های زیادی را به محیط‌زیست تحمیل کرده است. براین اساس باید گفت‌مانی بیولوژیک و اجتماعی با محیط از جمله ویروس‌ها، مورد توجه قرار گیرد.

رویکردهای بین رشته‌ای جدید با همکاری جامعه‌شناسان، کارشناسان محیط‌زیست، فلاسفه، انسان‌شناسان، ویروس‌شناسان، اپیدمیولوژیست‌ها و محققان بهداشت عمومی باعث می‌شود هم در رفتار در محیط و هم اقدامات در مواجهه با بحران، تغییر ایجاد شود. تأیید تأثیر آلودگی هوا بر شدت همه‌گیری کووید-۱۹ می‌تواند با افزایش واکنش در مکان‌هایی که از لحاظ کیفیت هوا در وضعیت ضعیفی هستند، در پیشگیری از ابتلا به این بیماری مؤثر واقع شود (سعادت‌ی و همکاران، ۲۰۲۰).

مطالعات اولیه نشان می‌دهد در سال‌های اخیر نسبت به سال ۲۰۱۹، گاز مونوکسید کربن که عمدتاً توسط اتومبیل‌ها تولید می‌شود، با کاهش تقریباً ۵۰ درصدی و تولید گاز دی‌اکسید کربن که از طریق گرم‌شدن کره زمین در تغییرات آب‌وهوایی سهمیم است، نیز با کاهش همراه بوده‌اند. چنانچه ماهواره سنتینل-۵ متعلق به آژانس فضایی اروپا نشان داد لایه آلودگی هوا به‌ویژه ترکیبات گازهای دی‌اکسید نیتروژن بر فراز ایتالیا کاهش یافته است (وانگ و همکاران، ۲۰۲۰). قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض آلودگی هوا می‌تواند به افزایش خطر ابتلا به ویروس کرونا، تشدید بیماری و منتهی شدن به بستری منجر شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۳).

در مطالعه خان و همکاران در سال ۲۰۲۴ که در دو مرحله تجزیه و تحلیل شد، مشخص گردید بیماری کرونا با شاخص AQI، NO₂، PM_{2.5} و PM₁₀ همبستگی منفی و با شاخص O₃ همبستگی مثبت وجود دارد (خان و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین مطالعه مینگ و وانگ و همکاران از طریق تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به‌وسیله نرم‌افزار SPSS نشان از تغییرات AQI و تأثیر قابل توجه تراکم جمعیت بر کیفیت هوا و تأثیر بر بیماری کرونا دارد (مینگ و وانگ و همکاران، ۲۰۲۴).

بونیللا و همکاران در سال ۲۰۲۳ در مطالعه‌ای رابطه بین قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض آلودگی هوا و مرگ‌ومیر ناشی از کووید-۱۹ را در چهار کشور آمریکای لاتین بررسی کردند و به

این نتیجه رسیدند که افزایش قرار گرفتن در معرض طولانی‌مدت ۱ میکروگرم در متر مکعب ذرات ریز با افزایش ۲/۷ درصدی نرخ مرگ‌ومیر کرونا همراه است. این رابطه عمدتاً در کلان‌شهرها یافت شده است (بونیللا و همکاران، ۲۰۲۳).

از طرفی مطالعه مانیات و همکاران به‌وسیله تجزیه و تحلیل رگرسیون چندمتغیره، نشان‌دهنده تأثیر مخدوش‌کننده جمعیت است و همبستگی به‌طور خودکار دلالت بر رابطه مستقیم علت و معلولی ندارد. علاوه بر این، برای به حداقل رساندن تأثیر جمعیت، از نرخ‌ها استفاده شد که نشان می‌دهد میزان موارد کرونا مستقل از PM_{2.5} و جمعیت است (مانیات و همکاران، ۲۰۲۴).

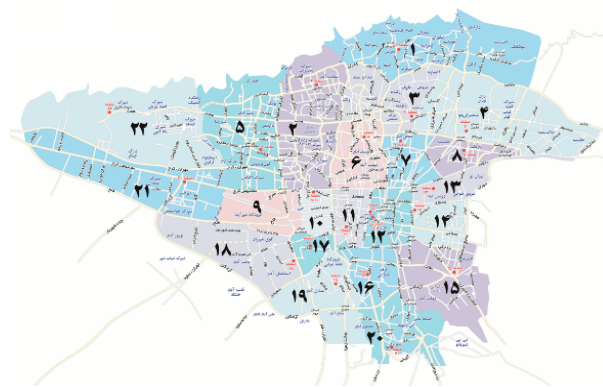
همچنین یو و همکاران در سال ۲۰۲۳ ارتباط بین بستری شدن بیماران مبتلا به کرونا و ویروس و تعیین اینکه کدام آلاینده‌های هوا ممکن است پیامدهای مرتبط با کرونا را منتقل کند را از ۱ مارس سال ۲۰۲۰ تا ۳۱ اوت سال ۲۰۲۱ بررسی کردند (یو و همکاران، ۲۰۲۳). نظری و همکاران در سال ۲۰۲۳ بیان کردند عوامل زمینه‌ای و عوامل مداخله‌گر بر راهبردهای مدیریت بحران تأثیرگذار و در نهایت راهبردها بر پیامدهای مدیریت بحران تأثیرگذار هستند (نظری و همکاران، ۲۰۲۳).

از طرفی نصیری و همکاران در سال ۲۰۲۲ به‌منظور اقدامات مدیریت بحران و تحلیل جایگاه قدرت کنشگران در شبکه همکاری، ماتریس دو وجهی کنشگران-اقدامات تشکیل و شبکه همکاری را بر اساس شاخص‌های مرکزیت درجه و مرکزیت بینابینی تجزیه و تحلیل کردند که یافته‌ها حاکی از آن است که شبکه همکاری کنشگران از تراکم و انسجام بالایی برخوردار است (نصیری و همکاران، ۲۰۲۲).

در مطالعه شامی و همکاران در سال ۲۰۲۱، تغییرات زمانی و مکانی آلاینده‌های هوا با استفاده از داده‌های ماهواره سنتینل-۵، هم‌زمان با انتشار ویروس کووید-۱۹ برای ایران، تعیین و با مقادیر مشابه در سال ۱۹۹۸ مقایسه شد که به دنبال بررسی انجام‌شده، تأثیر این عوامل با تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی آلاینده‌ها در فاصله زمانی بین این دو زمان است (شامی و همکاران، ۲۰۲۱). در راستای ارتباط مستقیم آلودگی هوا با ویروس کرونا، ایکس وو و همکاران در سال ۲۰۲۰ نشان دادند قرار گرفتن در معرض سطح بالای PM_{2.5} با افزایش نرخ مرگ‌ومیر ویروس کرونا در سطح منطقه در ارتباط است (وو و همکاران، ۲۰۲۰).

متعاقباً مطالعات کانتینی و همکاران در سال ۲۰۲۰ مبتنی بر بررسی نقش آلودگی هوا به عنوان یکی از عوامل احتمالی اثرگذار در شیوع بیماری کووید-۱۹ با توجه به داده‌های موجود از توزیع مکانی تعداد مبتلایان و غلظت آلاینده‌های مختلف هوا در شهرهای متفاوت دنیا، توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است (کانتینی و همکاران، ۲۰۲۰).

1. World Health Organization (WHO)



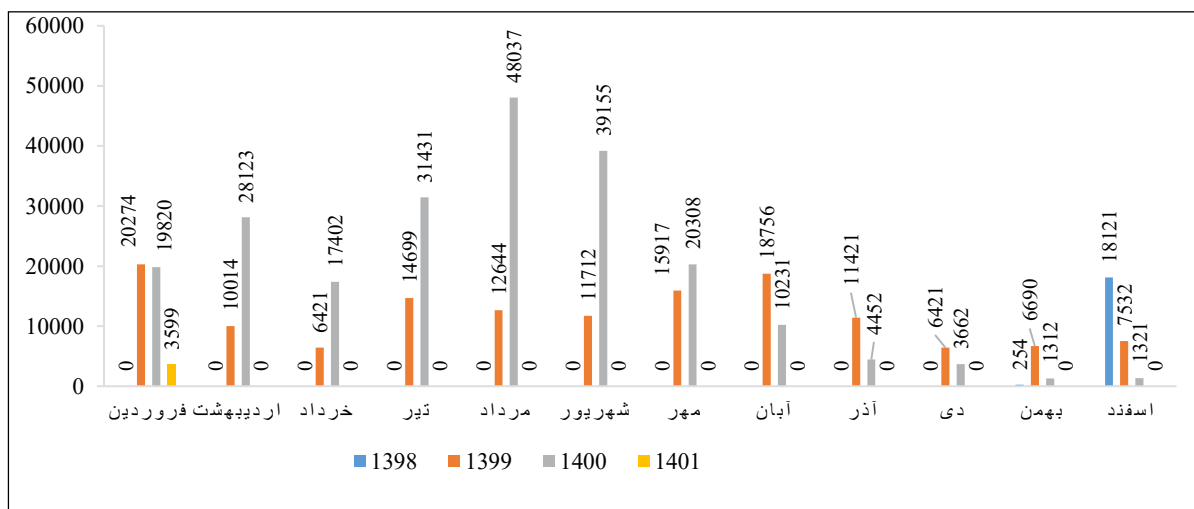
تصویر ۱. نقشه شهر تهران به تفکیک مناطق ۲۲ گانه در سال ۱۳۹۱ (منبع: www.tehran.ir)

تنفسی به اورژانس بیان کرده‌اند که هیچ‌کدام از آلاینده‌ها به‌جز ازن و دی اکسید گوگرد، همبستگی معنی‌دار و بزرگ‌تر از ۰/۲ با میزان مراجعات ندارند (رضایی و همکاران، ۲۰۱۶). ندافی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۰ در مطالعه‌ای با تحلیل داده‌های کمی در مورد تأثیر آلودگی هوا بر سلامت مردم و میزان تأثیر برآوردشده، بر لزوم اقدام فوری برای کاهش بار بهداشتی آلودگی هوا تأکید کردند (ندافی و همکاران، ۲۰۱۲).

نقش مخرب آلودگی هوا در تسهیل شیوع بیماری‌های همه‌گیر، وخامت وضعیت جسمی مبتلایان، پتانسیل بالای کلان‌شهرها در تجمع آلاینده‌ها و اهمیت مقوله ارزش‌گذاری اقتصادی زیست‌محیطی و انسانی در مدیریت بحران، ما را برآن داشت که در پژوهش حاضر به بررسی تأثیر ذرات معلق آلاینده‌های هوا بر میزان بستری و فوتی در اثر بیماری کرونا بپردازیم. مقایسه میزان موارد بستری و فوتی در اثر کرونا براساس مناطق ۲۲ گانه شهرداری تهران، ماه و سال بستری و فوتی در بازه زمانی بهمن ۱۳۹۸ تا خرداد ۱۴۰۱ بررسی شده است (تصویر شماره ۱).

نظر به اینکه آلودگی هوا باعث بیماری‌های مختلفی می‌گردد، نیرا و همکاران در سال ۲۰۱۸ نشان دادند ۹۰ درصد از جمعیت جهان در معرض سطوح ناسالم آلودگی هوا هستند (نیرا و همکاران، ۲۰۱۸). چنانچه آلودگی هوا تا حدی تحت تأثیر انتخاب‌های فردی قرار می‌گیرد (مثلاً حمل‌ونقل یا سایر اشکال مصرف)، سیاست عمومی نقش مهمی در شکل دادن به این عامل تعیین‌کننده اصلی سلامت دارد. نظر به غیراقتصادی بودن این امر، براجر و همکاران در سال ۱۳۸۹ در مطالعه‌ای مزایای کاهش مربوط به غلظت PM2.5 را بین ۰/۸۳ تا ۱/۵۱ میلیارد دلار برآورد کردند (براجر و همکاران، ۲۰۱۲).

اثنی‌عشری و همکاران در سال ۱۳۹۹ با استفاده از تحلیل رگرسیون نشان دادند همه‌گیری ویروس جدید کرونا تأثیرات منفی اجتماعی و اقتصادی گسترده‌ای دارد و شواهد حاکی از آن است که شیوع بیماری و فوت ناشی از آن، در مناطق با هوای آلوده بیشتر بوده است (اثنی‌عشری و همکاران، ۲۰۲۰)؛ درحالی‌که پیش از آن، رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۴ در راستای بررسی اثرات ناشی از آلودگی هوا بر نرخ مراجعات بیماران



تصویر ۲. وضعیت بستری بیماران را در ماه‌های مختلف سال برحسب نفر (یافته‌های پژوهش)



IHI = مقدار AQI منطبق با BPHi

ILO = مقدار AQI منطبق با BPLo

جدول شماره ۱ روش صحیح محاسبه شاخص کیفیت هوا را برای یک شهر نشان می‌دهد که در این مطالعه براین اساس آلاینده‌ها سنجیده شده است. استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی می‌تواند بینش‌های مفیدی برای تصمیم‌گیری‌های دولتی در سطح بالا در مورد ویروس کرونا و سایر بیماری‌های همه‌گیر ارائه دهد (بارسلوز و همکاران، ۲۰۲۱).

مطالعه سیلوا و همکاران در راستای اثر عوامل آب‌وهوا و کیفیت هوا بر مرگ‌ومیر و موارد کرونا، با داده‌کاوی در سه کلان‌شهر برزیل مؤید این امر است. بزرگ‌ترین نقطه قوت این مطالعات استفاده از تکنیک‌های پیشرفته تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی است (داسیلوا و همکاران، ۲۰۲۲). مطالعاتی از این قبیل، پتانسیل این تکنیک‌ها برای حمایت از سیاست‌های عمومی در مدیریت شهری را نشان می‌دهد. با این حال، برای تفسیر نتایج این مطالعات باید محدودیت‌هایی در نظر گرفته شود (دوارت و همکاران، ۲۰۱۶).

فرضیه اولیه این است که قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا می‌تواند اتصال ویروس کرونا را (براساس شواهد) با قرار گرفتن در معرض ذرات معلق در ریه، تسهیل کند (رانزانی و همکاران، ۲۰۲۳). این پژوهش از نظر دسته‌بندی تحقیقات برحسب هدف، از نوع کاربردی است و ماهیت داده‌ها و شیوه گردآوری آن‌ها توصیفی تحلیلی است. همچنین، با توجه به اینکه در تحقیق پیمایش از تحلیل‌های آماری چندمتغیری استفاده می‌شود، این تحقیق از نوع تحقیقات کمی به شیوه همبستگی قلمداد می‌گردد. منبع گردآوری داده‌ها وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، ایستگاه‌های سنجش کنترل کیفیت هوا تهران و ایستگاه‌های سنجش کنترل کیفیت هوا سازمان حفاظت محیط‌زیست می‌باشد. برای سنجش فرضیه‌های پژوهش از آزمون‌های آماری رگرسیون خطی، همبستگی پیرسون و تحلیل واریانس یک‌سویه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شده است. در همبستگی پیرسون روش محاسبه اعداد خام با استفاده از فرمول شماره ۲ صورت گرفته است:

$$2. r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x)^2 - (\sum x)^2][n(\sum y)^2 - (\sum y)^2]}}$$

در این پژوهش پنج فرضیه مورد بررسی قرار گرفته که در ادامه به تجزیه و تحلیل هر کدام پرداخته شده است:

«ذرات معلق آلاینده‌های هوا روی انتشار ویروس کرونا اثرگذار هستند»

«ذرات معلق آلاینده‌های هوا روی فوت در اثر کرونا اثرگذار هستند»

روش بررسی

محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، کلان‌شهر تهران، با حدود گستره مساحتی ۷۰۰ کیلومترمربع است. این شهر با جمعیتی قریب به ۱۲ میلیون نفر، ۱۲ درصد جمعیت کل کشور را به خود اختصاص داده است. با توجه به اینکه شهر تهران دارای موقعیت خاص جغرافیایی است، بادهای غربی در تمام طول سال دود کارخانه‌ها و سایر عوامل تولید آلاینده را به سطح شهر وارد می‌کنند (علوی و همکاران، ۲۰۱۹).

تجزیه و تحلیل در سطح فردی براساس زیرمجموعه بیماران بستری در بیمارستان بود، بنابراین کسانی که در خارج از بیمارستان فوت کردند از تجزیه و تحلیل حذف شدند (بلوکونی و همکاران، ۲۰۲۳). پژوهش موردنظر حاصل خروجی داده‌های بیماران بستری شده، بهبودیافته و فوت در اثر کرونا در ۱۴۱ بیمارستان و مرکز درمانی برای تمام ۳۴۹ محله شهر تهران در بازه زمانی ماه بهمن سال ۱۳۹۸ تا ماه اردیبهشت سال ۱۴۰۱ می‌باشد که هنگام تحقیق در این بازه زمانی، ۴۰۲۴۶۵ نفر در وضعیت ابتلا به کرونا که از این تعداد ۳۵۶۱۴ نفر در وضعیت مرگ در اثر کرونا و ۳۶۶۸۵۱ در وضعیت بهبود یافته بودند قرار داشتند. پژوهش حاضر از این منظر دارای نوآوری است که برای اولین بار ارزیابی اثرات آلودگی هوا در ایام کرونا بر بستری و فوت شهروندان تهرانی بررسی شده است. همچنین پیدا کردن داده‌ها و اطلاعات به صورت ریز به سختی و زمان‌بر بوده است. **تصویر شماره ۲** وضعیت بستری بیماران در ماه‌های مختلف در سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد که اعداد برحسب نفر می‌باشند:

همچنین خروجی داده‌های ۳۶ ایستگاه سنجش آلودگی هوا در شهر تهران بررسی شد که از این تعداد ۲۲ ایستگاه سنجش زیر نظر شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران و ۱۴ ایستگاه نیز زیر نظر اداره کل محیط‌زیست شهر تهران می‌باشد. آلاینده‌های مورد محاسبه در این ایستگاه‌ها براساس شاخص کنترل کیفیت هوا (AQI) شامل پنج آلاینده ذرات معلق، ازن، دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و مونواکسید کربن می‌باشد که در این تحقیق رابطه بین تعداد بستری بیماران کرونایی با میزان آلاینده‌های هوای شهر تهران سنجیده شده است. به منظور محاسبه مقدار AQI و پارامترهای آلاینده هوا از فرمول شماره ۱ استفاده می‌شود:

$$1. I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

I_p = شاخص کیفیت هوا (AQI) برای آلاینده P است.

C_p = غلظت اندازه‌گیری شده (گردشده) برای آلاینده P است.

BPHi = نقطه شکستی که بزرگ‌تر یا مساوی C_p است.

BPLo = نقطه شکستی که کوچک‌تر یا مساوی C_p است.



جدول ۱. روش صحیح محاسبه AQI برای یک شهر

آلاینده‌ها	O ₃	PM10	PM2.5	CO	SO ₂	AQI هر ایستگاه (بالاترین مقدار هر ایستگاه)	AQI شهر (بالاترین مقدار برای شهر)
زمان گیری متوسط	حداکثر میانگین ۱ ساعته	میانگین متحرک ۲۴ ساعته	میانگین متحرک ۲۴ ساعته	حداکثر میانگین متحرک ۸ ساعته	حداکثر میانگین متحرک ۲۴ ساعته		
کوهسار	۱۵	۲۰	۱۵۰	-	۱۴۰	۱۵۰	
نام ایستگاه‌های	۱۳	۹۰	۱۳۵	-	۶۰	۱۳۵	۱۵۰
سنجش در	۱۲	۸۰	۹۰	۲	۱۰	۹۰	
سطح شهر	۸	۳۶	۴۰	۸	-	۴۰	
رازی							

گرفتن در معرض آلودگی هوا می‌تواند اتصال ویروس کرونا را با قرار گرفتن در معرض ذرات معلق تسهیل کند. در پاسخ به این فرضیه بررسی‌ها مبین آن است که ذرات معلق آلاینده‌های هوا بر میزان بستری در اثر کرونا مؤثر هستند که با گرفتن آزمون‌های ضریب همبستگی و رگرسیون نتایج آن بدین صورت نشان داده شد:

مطابق با جدول شماره ۳، باتوجه به معنی‌داری مقدار آزمون F (۷/۴۲۰) در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵، می‌توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی تحقیق، مدل نسبتاً خوبی بوده و آلودگی هوا تا حدودی قادر است میزان بستری کرونا را تبیین کند.

جدول شماره ۴، نتایج مربوط به میزان تأثیر هر متغیر در مدل و همچنین میزان همبستگی بین آن‌ها را نشان می‌دهد. در این جدول، تفسیر ضرایب رگرسیونی براساس ضریب بتا (β) انجام می‌شود، زیرا این آماره نشان‌دهنده ضریب رگرسیونی استاندارد شده هریک از متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته تحقیق می‌باشد. بنابراین، می‌توانیم با استفاده از آن سهم نسبی هر متغیر مستقل در مدل را مشخص کنیم. مقایسه متغیرها نشان می‌دهد تأثیر آلاینده‌های PM2.5، PM10، NO₂، CO، O₃ و شاخص آلودگی هوا AQI بر روی میزان بستری در اثر کرونا معنی‌دار است. همچنین آلاینده O₃ با ضریب تأثیر β=۰/۷۶۵ و میزان t برابر با ۲/۰۴۹، آلاینده CO با ضریب تأثیر β=۲/۳۷۱ و میزان t برابر با ۶/۱۵۵، PM2.5 با ضریب تأثیر β=۳/۹۸۴ و میزان t برابر با ۳/۷۴۷ نشان می‌دهد این آلاینده‌ها تأثیر مثبتی بر میزان

«بین مناطق مختلف شهر تهران از نظر میزان بستری در اثر کرونا تفاوت وجود دارد.»

«بین ماه‌های سال و بین سال‌های کرونایی از نظر میزان بستری در اثر کرونا تفاوت وجود دارد.»

«بین سال‌های کرونایی از نظر فوت در اثر کرونا تفاوت وجود دارد.»

یافته‌ها

پژوهش موردنظر حاصل جمع‌آوری داده‌های بیماران بستری شده، بهبود یافته و فوت در اثر کرونا در ۱۴۱ بیمارستان و مرکز درمانی از ۳۴۹ محله شهر تهران و همچنین داده‌های ۳۶ ایستگاه سنجش آلودگی هوا می‌باشد. از آنجاکه ماهیت داده‌ها و شیوه گردآوری آن‌ها توصیفی تحلیلی است، از تحلیل‌های آماری چندمتغیری استفاده می‌شود و برای سنجش فرضیه‌های پژوهش از آزمون‌های آماری رگرسیون خطی، همبستگی پیرسون و تحلیل واریانس یک‌سویه استفاده شده است که نتایج حاصله بدین قرار است:

جدول شماره ۲، خلاصه مدل را نشان می‌دهد. مقدار ضریب همبستگی (R) بین متغیر آلودگی هوا و فوت در اثر کرونا برابر با ۰/۸۴۹ می‌باشد که نشان از همبستگی قوی دارد. مقدار ضریب تعیین تعدیل یافته که برابر با ۰/۶۱۸ است، نشان می‌دهد ۶۱/۸ درصد از کل فوت در اثر کرونا وابسته به متغیر آلودگی هوای ذکر شده در این معادله است. به عبارت دیگر، آلودگی هوا، فوت در اثر کرونا را پیش‌بینی می‌کند. فرضیه اول این است که قرار

جدول ۲. ضریب همبستگی بین متغیر ویروس کرونا و آلودگی هوا (یافته‌های پژوهش)

مدل	R	مربع R	مربع R تعدیل یافته	خطای برآورد
	۰/۸۴۹۱	۰/۷۲۱	۰/۶۱۸	۵۶۳/۰۲۹

۱. عوامل: ثابت، CO، PM10، NO₂، SO₂، O₃، PM2.5، AQI



جدول ۳. آزمون F متغیر وابسته (میزان بستری) برای مدل تحقیق (یافته‌های پژوهش)

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F	سطح معنی داری
رگرسیون	۲۳۷۷۸۷۵۷۴۱/۱۶۲	۷	۳۳۹۶۶۵۳۳/۴۵۲	۷/۴۲۹	۰/۰۰۰۱
باقیمانده	۸۶۹۸۶۱۵۹۶/۲۴۶	۱۹	۴۵۷۸۲۱۸۹/۲۷۶		
جمع	۳۳۴۷۷۳۷۳۷/۴۰۷	۲۶			
۱. عوامل: ثابت، CO، PM10، NO ₂ ، SO ₂ ، O ₃ ، PM2.5، AQI					

جدول ۴. نتایج تأثیر هر متغیر در مدل و میزان همبستگی بین متغیرها (یافته‌های پژوهش)

ضرایب ۱				
سطح معنی داری	آزمون t	ضرایب غیراستاندارد		مدل
		β	Std. Error	
۰/۳۶۵	-۰/۹۲۹		۱۳۳۶۸/۶۷۴	ثابت
۰/۰۵۵	۲/۰۴۹	۰/۷۶۵	۸۰۷/۱۴۱	O۳
۰/۰۰۰	۶/۱۵۵	۲/۳۷۱	۱۵۳/۱۷۸	CO
۰/۰۴۱	-۲/۱۹۸	-۰/۶۶۴	۳۴۰/۰۶۴	NO۲
۰/۳۳۸	-۰/۹۸۳	-۰/۲۵۴	۳۵۷/۰۰۴	SO۲
۰/۰۰۵	-۳/۱۳۷	-۰/۸۱۳	۳۳۳/۶۵۱	PM۱۰
۰/۰۰۱	۳/۷۴۷	۳/۹۸۴	۷۰۹/۱۶۹	PM۲/۵
۰/۰۰۲	-۳/۵۲۴	-۲/۸۰۶	۵۲۳/۳۴۹	AQI

۱. متغیر وابسته: میزان بستری می‌باشد.

جدول ۵. ضریب همبستگی بین متغیر فووت در اثر کرونا و آلاینده‌های هوا (یافته‌های پژوهش)

خلاصه مدل				
خطای برآورد	مربع R تعدیل یافته	مربع R	R	مدل
۵۶۳/۰۲۹	۰/۶۱۸	۰/۷۲۱	۰/۸۴۹۱	
۱. عوامل: ثابت، CO، PM10، NO ₂ ، SO ₂ ، O ₃ ، PM2.5، AQI				

جدول ۶. آزمون F برای آلودگی هوا و فوت در اثر کرونا (یافته‌های پژوهش)

آنالیز واریانس (ANOVA)					
مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F	سطح معنی داری
رگرسیون	۱۵۵۵۱۹۲۸/۴۱۹	۷	۲۲۲۱۷۰۴/۰۶۰	۷/۰۰۸	۰/۰۰۰۱
باقیمانده	۶۰۲۳۰۳۶/۲۴۸	۱۹	۳۱۷۰۰۱/۹۰۸		
جمع	۲۱۵۷۴۹۶۴/۶۶۷	۲۶			
۱. عوامل: ثابت، CO، PM10، NO ₂ ، SO ₂ ، O ₃ ، PM2.5، AQI					



جدول ۷. تفسیر ضرایب رگرسیونی براساس ضریب بتا (یافته‌های پژوهش)

مدل	B	Std. Error	ضرایب استاندارد		سطح معنی داری
			β	آزمون t	
ثابت	-۷۵۶/۷۹۸	۱۰۲۹/۲۱۴		-۰/۷۳۵	۰/۴۷۱
O ₃	۱۴۷/۹۸۰	۶۷/۱۶۳	۰/۸۴۰	۲/۲۰۳	۰/۰۴۰
CO	۷۹/۷۴۵	۱۲/۷۴۶	۲/۴۶۱	۶/۲۵۶	۰/۰۰۰
NO ₂	-۶۷/۵۴۴	۲۸/۲۹۷	-۰/۷۳۶	-۲/۳۸۷	۰/۰۲۸
SO ₂	-۳۵/۱۳۸	۲۹/۷۰۷	-۰/۳۱۲	-۱/۱۸۳	۰/۲۵۱
PM _{۱۰}	-۱۱۲/۲۰۲	۲۶/۹۳۱	-۱/۱۰۲	-۴/۱۶۶	۰/۰۰۱
PM _{۲.۵}	۲۲۸/۱۰۶	۵۹/۰۱۱	۴/۱۹۶	-۳/۸۶۵	۰/۰۰۱
AQI	-۱۴۷/۵۵۵	۴۵/۱۳۰	-۲/۶۵۸	-۳/۲۷۰	۰/۰۰۴

۱. متغیر وابسته: میزان فوتی می‌باشد.

آلودگی هوا و فوت در اثر کرونا، ۰/۸۴۹ می‌باشد که نشان از همبستگی قوی دارد. همچنین مقدار ضریب تعیین تعدیل شده که برابر با ۰/۶۱۸ است، نشان می‌دهد که ۶۱/۸ درصد از کل فوت در اثر کرونا وابسته به متغیر آلودگی هوای ذکر شده در این معادله است. به عبارت دیگر، آلودگی هوا، فوت در اثر کرونا را پیش‌بینی می‌کند.

منطبق بر جدول شماره ۶، باتوجه به معنی داری مقدار آزمون F (۷/۰۰۸) در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵، می‌توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی تحقیق مرکب از متغیر مستقل (آلودگی

بستری در اثر کرونا دارند. از طرفی آلاینده NO₂ با ضریب تأثیر $\beta=0/664$ و میزان t برابر با ۲/۱۹۸، آلاینده PM₁₀ با ضریب تأثیر $\beta=0/813$ و میزان t برابر با ۳/۱۳۷ و شاخص آلودگی هوا AQI با ضریب تأثیر $\beta=2/806$ و میزان t برابر با ۳/۵۲۴ نشان می‌دهد آن‌ها تأثیر منفی بر میزان بستری در اثر کرونا دارند.

فرضیه ثانویه، اثرگذاری ذرات معلق آلاینده‌های هوا روی فوت بر اثر کرونا می‌باشد که با گرفتن آزمون‌های ضریب همبستگی و رگرسیون نتایج آن در جدول شماره ۵ نشان داده شد و خلاصه مدل را نشان می‌دهد که مقدار ضریب همبستگی (R) بین متغیر

جدول ۸. سطح معناداری بین مناطق مختلف شهر تهران، ماه‌های سال با میزان بستری (یافته‌های پژوهش)

آنالیز واریانس (ANOVA)					
متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F	سطح معنی داری
منطقه آلودگی	بین گروه‌ها	۴۲۴	۴۲/۵۵۱	۱/۳۶۸	۰/۰۲۶
	درون گروه‌ها	۱۰۶	۳۱/۱۰۳		
	جمع	۵۳۰			
ماه آلودگی	بین گروه‌ها	۴۲۴	۲۷/۰۴۲	۱/۸۳۷	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱۰۶	۱۴/۷۱۷		
	جمع	۵۳۰			
سال آلودگی	بین گروه‌ها	۴۲۴	۰/۴۱۱	۱/۰۷۸	۰/۳۳۴
	درون گروه‌ها	۱۰۶	۰/۳۸۱		
	جمع	۵۳۰			



جدول ۹. سطح معنی داری بین مناطق مختلف شهر تهران، ماه‌های سال با فوت در اثر کرونا (یافته‌های پژوهش)

آنالیز واریانس آنووا					
متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F	سطح معنی داری
بین گروه‌ها	۱۰۱۸۱/۲۲۶	۱۷۰	۵۹/۸۹۰	۱/۸۷۰	۰/۰۰۰
منطقه آلودگی					
درون گروه‌ها	۱۲۸۴۱/۷۷۴	۴۰۱	۳۲/۰۲۴		
جمع	۲۳۰۲۳/۰۰۰	۵۷۱			
بین گروه‌ها	۳۴۳۸/۳۹۵	۱۷۰	۲۰/۲۲۶	۰/۷۹۸	۰/۹۵۵
ماه آلودگی					
درون گروه‌ها	۱۰۱۵۸/۴۰۸	۴۰۱	۲۵/۳۳۳		
جمع	۱۳۵۹۶/۸۰۲	۵۷۱			
بین گروه‌ها	۷۰/۰۵۹	۱۷۰	۰/۴۱۲	۱/۰۲۷	۰/۴۱۲
سال آلودگی					
درون گروه‌ها	۱۶۰/۹۴۱	۴۰۱	۰/۴۰۱		
جمع	۲۳۱/۰۰۰	۵۷۱			

- بین مناطق مختلف شهر تهران از نظر میزان بستری در اثر کرونا تفاوت وجود دارد.

- بین ماه‌های سال و بین سال‌های کرونایی از نظر میزان بستری در اثر کرونا تفاوت وجود دارد.

جدول شماره ۹ فوق نشان می‌دهد در بستری در اثر کرونا بین مناطق مختلف شهر تهران، ماه‌های مختلف و سال‌های مختلف، تفاوت معنی داری مشاهده می‌شود. همچنین این تفاوت معنی دار به‌طور مشابه برای میزان فوت در اثر کرونا بین مناطق مختلف شهر تهران، ماه‌های مختلف و سال‌های مورد بررسی مشهود است که از این نظر هایمن و همکاران در سال ۲۰۲۳ نیز ارتباط قرار گرفتن طولانی مدت در معرض آلودگی هوا با بستری شدن در بیمارستان در اثر کرونا و فوت را با استفاده از مدل‌های رگرسیون چندمتغیره پس از تعدیل عوامل مخدوش کننده فردی، زمانی و مکانی بالقوه برآورد کرده و ارتباط مثبت قابل توجهی بین $PM_{2.5}$ ، PM_{10} ، NO_2 ، SO_2 و بستری در بیمارستان را گزارش کرده‌اند (هایمن و همکاران، ۲۰۲۳). براساس این جدول شماره ۹، میزان فوت در اثر کرونا بین مناطق مختلف شهر تهران تفاوت معنی داری دارد.

بحث

آلودگی هوا از مهم‌ترین تهدیدهای محیط‌زیستی است که علاوه بر تخریب‌های محیطی و پیامدهای اقتصادی، سلامت افراد جامعه را تهدید می‌کند. افرادی که طولانی مدت در مواجهه با آلودگی‌های محیطی هستند، با احتمال بالاتری به بیماری‌های قلبی و تنفسی مبتلا می‌شوند و میزان بروز خشونت در آن‌ها بیشتر است که در نتیجه سازمان بهداشت جهانی آلودگی هوا

هوا) و متغیر وابسته (فوت در اثر کرونا) مدل نسبتاً خوبی بوده و قادر است اثر آلودگی هوا بر روی فوت در اثر کرونا را تبیین کند.

جدول شماره ۷، نتایج مربوط به میزان تأثیر هر متغیر در مدل و همچنین میزان همبستگی بین آن‌ها را نشان می‌دهد. مجدداً در این جدول نیز تفسیر ضرایب رگرسیونی براساس ضریب بتا (β) انجام شده است. مقایسه متغیرها نشان می‌دهد تأثیر آلاینده‌های $PM_{2.5}$ ، PM_{10} ، NO_2 ، CO ، O_3 و شاخص آلودگی هوا AQI بر روی میزان همبستگی فوت در اثر کرونا معنی دار است. آلاینده O_3 با ضریب تأثیر $\beta = 0.184$ و میزان t برابر با 2.203 ، CO با ضریب تأثیر $\beta = 2.461$ و میزان t برابر با 6.256 و $PM_{2.5}$ با ضریب تأثیر $\beta = 4.196$ و میزان t برابر با 3.865 نشان می‌دهد این آلاینده‌ها تأثیر مثبتی بر میزان همبستگی فوت در اثر کرونا دارند.

از طرفی آلاینده NO_2 با ضریب تأثیر $\beta = 0.736$ و میزان t برابر با 2.387 ، PM_{10} با ضریب تأثیر $\beta = 1.102$ و میزان t برابر با 4.166 و شاخص آلودگی هوا AQI با ضریب تأثیر $\beta = 2.658$ و میزان t برابر با 3.270 نشان می‌دهد آن‌ها تأثیر منفی بر میزان همبستگی فوت در اثر کرونا دارند که در این رابطه مطالعه والزن و همکاران هم در سال ۲۰۲۳ در راستای بررسی رابطه بین کیفیت هوا و سیر بالینی ویروس کرونا با تجزیه و تحلیل رگرسیون چندمتغیره، ارتباط مثبت قابل توجهی را در مورد آلاینده O_3 با بیماران و مرگ و میر نشان می‌دهد (والزن ۲ و همکاران، ۲۰۲۳).

فرضیه نهایی آن است که آیا می‌تواند سطح معنی داری بین مناطق مختلف شهر، ماه‌های سال و میزان بستری وجود داشته باشد. جدول شماره ۸ نتایج را بدین صورت نشان داد:



پیشین (سیلوا و همکاران، ۲۰۲۲؛ ماتیس و همکاران، ۲۰۲۳) که آلودگی هوا و ذرات معلق آلاینده‌های هوا در زمان کرونا و حتی بعد از آن می‌تواند در انتشار و شیوع ویروس تأثیر بگذارد و باعث تشدید بیماری شود مطابقت دارد. البته این امر که آلودگی هوا بر بیماری‌های دیگر مخصوصاً بیماری ریوی تأثیر دارد و مشکلات تنفسی را برای شهروندان به وجود می‌آورد خود نیز عاملی بر تشدید سایر بیماری‌های تنفسی و ویروسی نیز می‌باشد (ماتیس و همکاران، ۲۰۲۳).

نتیجه‌گیری

در انتها، نظر به اهمیت بازتاب ارزش‌گذاری اقتصادی زیست‌محیطی و هزینه‌های اعمالی ناشی از آلودگی آب و تغییرات هیدرولوژیکی، آلودگی خاک و صدا، دفع پسماندها (خانگی و بیمارستانی)، هزینه‌های بهداشتی-درمانی در روند سلامتی و طول عمر افراد در ارتباط با ویروس کرونا، پیشنهاد می‌شود به‌منظور کنترل و بهبود میزان آلاینده‌های هوا در کلان‌شهرها با پوشش وسیع منطقه‌ای، روند بررسی و پایش تغییرات آلاینده‌های جوی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای که هزینه کمتر و سرعت کار بالاتری نسبت به بقیه روش‌ها دارد به‌صورت مرتب و پیوسته انجام شود که با مطالعه شامی و همکاران در سال ۲۰۲۱ مطابقت دارد.

همچنین با هدایت ظرفیت و منابع اضافی مراقبت‌های بهداشتی به آلوده‌ترین مناطق، از بروز برخی از اثرات نامطلوب بهداشتی کرونا جلوگیری کرد. در نهایت، با تقویت سیاست‌های زیست‌محیطی با هدف کاهش آلودگی هوا می‌توان برخی از اثرات مخرب و نابرابر همه‌گیری ویروس کرونا و احتمالاً سایر بیماری‌های همه‌گیر را که ممکن است در آینده ایجاد شوند کاهش داد.

همچنین از آنجایی که در کلان‌شهرهای بزرگ، نیاز به درک بهتری از گسترش ویروس کرونا در فضای باز با پارامترهای محیطی وجود دارد، علاوه بر کیفیت هوا و عوامل هواشناسی، مطالعات بافت‌های مختلف شهری و بوم‌شناختی و بررسی تأثیر متغیرهای محیطی بر میزان انتقال، بستری و مرگ‌ومیر ناشی از بیماری، حائز اهمیت است که با یافته‌های بونیلا و همکاران در سال ۲۰۲۳ همخوانی دارد؛ چراکه یکی از آثار توسعه و بیماری‌های به‌وجودآمده در سده اخیر، فشار بیش از حد بر منابع طبیعی و تخریب محیط‌زیست بوده است، به‌گونه‌ای که در مفهوم توسعه پایدار، حفظ استانداردهای زیست‌محیطی و تلاش جهت کاستن از مضرات زیست‌محیطی یکی از ارکان اصلی می‌باشد که برنامه‌ریزان کلان کشور باید به آن اهتمام جدی داشته باشند.

همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، این موضوع که ویروس کرونا چه اثراتی بر متغیرهای کلان اقتصادی، شغل، سلامت و رابطه با اقتصاد محیط زیست خواهد گذاشت، بررسی

را جزء موارد پرمخاطره غیرعفونی قرار داده است. برطبق نتایج مقدار ضریب همبستگی (R) بین متغیر آلودگی هوا و میزان بستری در اثر کرونا، 0.849 می‌باشد که نشان از همبستگی بین این دو متغیر می‌باشد و با مطالعه آستین و همکاران که در ارتباط با رگرسیون پیامدهای فردی مرگ‌ومیر، بستری شدن در بیمارستان، پذیرش در بخش مراقبت‌های ویژه و $PM_{2.5}$ است همخوانی دارد و نشان داد قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا، حتی اگر فقط در شروع بیماری کووید-۱۹ باشد، می‌تواند شدت بیماری را بدتر کند (آستین و همکاران، ۲۰۲۳).

مطابق با نتایج به‌دست‌آمده از بررسی میزان شیوع، بستری و فوت ناشی از ویروس کرونا در مناطق مختلف کلان‌شهر تهران در مواجه با آلودگی در ماه‌ها و سال‌های متفاوت، وابستگی و همبستگی مستقیم میزان بستری و فوت بیماران ناشی از ویروس کرونا با پارامترهای محیطی مذکور، چشمگیر و قابل‌الگوبرداری است که با نتایج مطالعه محمدی و همکاران در شهر تهران که مرکز شهر و مناطق شمالی شهر جزء مناطق پرخطر مکانی و زمانی برای مرگ‌ومیر ناشی از کووید-۱۹ هستند مطابقت دارد. علاوه بر آن، این مطالعه میزان مرگ‌ومیر را با کیفیت هوا مرتبط می‌داند و بیان می‌کند افزایش سن و سطح تحصیلات محله‌های شهر با نرخ مرگ‌ومیر کرونا ارتباط مثبتی دارد (محمدی و همکاران، ۲۰۲۳).

همچنین بنابر نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش مشخص شد ذرات معلق آلاینده‌های هوا بر میزان بستری و فوت در اثر کرونا تأثیرگذار هستند و آلاینده O_3 با ضریب تأثیر $\beta = 0.84$ و میزان t برابر با $2/203$ نشان می‌دهد این آلاینده تأثیر مثبتی بر میزان فوت در اثر کرونا دارد. آلاینده O_3 بر میزان بستری در اثر کرونا و فوت در اثر کرونا تأثیر مثبت و مستقیمی دارد که نشان می‌دهد هرچه این آلاینده در هوا بیشتر شود میزان بستری و فوت در اثر کرونا بیشتر خواهد شد. همچنین مشخص گردید آلاینده PM_{10} با ضریب تأثیر $1/102$ و میزان t برابر با $4/166$ و شاخص آلودگی هوا AQI با ضریب تأثیر $\beta = 2/658$ و میزان t برابر با $3/270$ نشان می‌دهد آن‌ها تأثیر منفی بر میزان همبستگی فوت در اثر کرونا دارند و نشان‌دهنده این امر است که هر اندازه این آلاینده در هوا بیشتر باشد، میزان همبستگی بستری و فوت در اثر کرونا کاهش می‌یابد و در نهایت مشخص گردید که آلاینده SO_2 با ضریب تأثیر $0/312$ و میزان t برابر با $1/183$ نشان می‌دهد این آلاینده تأثیر منفی و معکوسی بر میزان همبستگی فوت در اثر کرونا داشته است که این نیز نشان از آن است که افزایش این آلاینده باعث کاهش میزان همبستگی فوت در اثر کرونا بوده است. البته قابل‌ذکر است که نتایج این پژوهش مبنی بر اثرگذاری ذرات معلق آلاینده‌های هوا بر میزان بستری و فوت در اثر کرونا با نتایج پژوهش‌های محققین قبلی که نشان دادند آلودگی هوا بر میزان شیوع کرونا تأثیر دارد همخوان است. می‌توان گفت با تطبیق نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با نتایج پژوهش‌های



مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش‌نویس مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

شود. از جمله پیشنهادات کاربردی می‌توان غربال کردن محل کار و سکونت افراد، ثبت سوابق پزشکی و بیماری‌های زمینه‌ای افراد به صورت جامع و مشخص کردن نوع منابع آلودگی به تفکیک (مسکونی، صنعت و حمل‌ونقل) مطرح کرد. از آنجاکه ویروس کرونا خسارت‌های زیست‌محیطی نیز دربر داشته است پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی به سمت تعیین خسارت از طریق یکی از روش‌های ارزش‌گذاری اقتصاد محیط‌زیست از قبیل ارزش‌گذاری مشروط صورت گیرد.

از آنجاکه در مطالعه حاضر همبستگی بین آلودگی هوا و میزان بستری در اثر کرونا تبیین شده است، پیشنهاد کاربردی مبتنی بر یافته‌های پژوهش این است که برنامه‌ریزان و مسئولان بر روی استراتژی‌های کاهش آلودگی هوا کار کنند. باتوجه به اینکه هنوز سویه‌های مختلف کرونا به خصوص در فصول سرد سال وجود دارد.

از طرفی کاهش آلودگی هوا نتیجه بحران بهداشت جهانی، کاهش فعالیت‌های اجتماعی، افزایش بیکاری و مشکلات شدید اقتصادی است، بنابراین دلیلی برای خوشحالی وجود ندارد و با تغییر وضعیت و از سرگیری فعالیت‌های تجاری و اجتماعی در آینده پس از همه‌گیری، آلودگی هوا در سطح جهان افزایش یافته و روند گذشته خود را ادامه خواهد داد که ما باید این کاهش موقت را نادیده بگیریم و به توسعه و تحقیق در مورد انرژی‌های جدید، به‌ویژه سوخت‌های زیستی ادامه دهیم که به کاهش دائمی، نه موقتی، انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر خواهد شد.

از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به جابه‌جایی و شناور بودن جمعیت در مناطق مختلف تهران و همچنین عدم وجود اطلاعات دقیق‌تر در مورد بیماری زمینه‌ای بیماران که مبتلا به کرونا شده‌اند اشاره کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی از جمله رضایت آگاهانه را در این مقاله رعایت کرده‌اند. این پژوهش در تاریخ ۱۴۰۰/۰۷/۱۹ با کد اخلاق IR.IAU.YAZD.REC.1400.037 در کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد تصویب شده است.

حامی مالی

مقاله حاضر حاصل بخشی از رساله دکتری علیرضا نظریان رشته اقتصاد محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی می‌باشد و هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

References

- Tavakoli, A., Vahdat, K., & Keshavarz, M. (2020). [Novel coronavirus disease 2019 (COVID-19): An emerging infectious disease in the 21st century (Persian)]. *Iranian South Medical Journal*, 22(6), 432-450. [DOI:10.29252/ismj.22.6.432]
- Sadati, A. K., Lankarani, M. H. B., & Lankarani, K. B. (2020). Risk society, global vulnerability and fragile resilience; sociological view on the coronavirus outbreak. *Shiraz E-Medical Journal*, 21(4), e102263. [Link]
- Wang, C., Pan, R., Wan, X., Tan, Y., Xu, L., & McIntyre, R. S., et al. (2020). A longitudinal study on the mental health of general population during the COVID-19 epidemic in China. *Brain, Behavior, and Immunity*, 87, 40-48. [DOI:10.1016/j.bbi.2020.04.028] [PMID]
- Zhang, J., Lim, Y. H., So, R., Jørgensen, J. T., Mortensen, L. H., & Napolitano, G. M., et al. (2023). Long-term exposure to air pollution and risk of SARS-CoV-2 infection and COVID-19 hospitalisation or death: Danish nationwide cohort study. *The European Respiratory Journal*, 62(1), 2300280. [DOI:10.1183/13993003.00280-2023] [PMID]
- Khan, I. U., Ullah, M., Tripathi, S., Sahu, M., Zeb, A., & Kumar, A. (2024). Machine learning for Markov modeling of COVID-19 dynamics concerning air quality index, PM-2.5, NO₂, PM-10, and O₃. *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*, 12(2), 121-134. [DOI:10.18280/ijcmem.120202]
- Ming Wong, W., Tzeng, S.Y., Mo, H. F., & Su, W. (2024). Predicting air quality trends in Malaysia's largest cities: the role of urban population dynamics and COVID-19 effects. *Archives of Environmental Protection*, 50(2), 65-74. [DOI:10.24425/aep.2024.150553]
- Bonilla, J. A., Lopez-Feldman, A., Pereda, P. C., Rivera, N. M., & Ruiz-Tagle, J. C. (2023). Association between long-term air pollution exposure and COVID-19 mortality in Latin America. *Plos One*, 18(1), e0280355. [DOI:10.1371/journal.pone.0280355] [PMID]
- Maniat, M., Habibi, H., Manshoorinia, E., Raufi, P., Marous, P., & Omraninaini, M. (2024). Correlation or causation: Unraveling the relationship between PM_{2.5} air pollution and covid-19 spread across the United States. *Journal of Environmental Science and Economics*, 3(1), 27-41. [DOI:10.56556/jescae.v3i1.751]
- Yu, Q., Cao, W., Hamer, D., Urbanek, N., Straif-Bourgeois, S., & Cormier, S. A., et al. (2023). Associations of COVID-19 Hospitalizations, ICU admissions, and mortality with black and white race and their mediation by air pollution and other risk factors in the Louisiana Industrial Corridor, March 2020-August 2021. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4611. [DOI:10.3390/ijerph20054611] [PMID]
- Nazari, L., Pourshahabi, V., Aramesh, H., & Yaghoubi, N. M. (2023). [Validation of effective factors in management of emerging infectious diseases with a focus on covid-19 pandemic. (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 12(4), 471-480. [Link]
- Nasiri, A., Samadi Froushani, M., Mirasmaeli, S. S., & Ramak, N. (2022). [Development of covid-19 crisis management system of Tehran Municipality: Combined Approach of Soft Systems Methodology (SSM) and Social Network Analysis (SNA) (Persian)]. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 12(3), 347-364. [Link]
- Shami, S., Khoshlahjeh, M., Ghorbani, Z., Moghimi, A., Mohammadzadeh, A., & Sabet Ghadam, S. (2021). [Evaluation of air pollution contributes for the COVID-19 pandemic in Iran using Sentinel 5 Satellite Data (Persian)]. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 10(3), 135-146. [Link]
- Wu, X., Nethery, R. C., Sabath, M. B., Braun, D., & Dominici, F. (2020). Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis. *Science Advances*, 6(45), eabd4049. [DOI:10.1126/sciadv.abd4049] [PMID]
- Contini, D., & Costabile, F. (2020). Does air pollution influence COVID-19 outbreaks? *Atmosphere*, 11(4), 377. [DOI:10.3390/atmos11040377]
- Neira, M., Prüss-Ustün, A., & Mudu, P. (2018). Reduce air pollution to beat NCDs: from recognition to action. *Lancet (London, England)*, 392(10154), 1178-1179. [DOI:10.1016/S0140-6736(18)32391-2] [PMID]
- Brajer, V., Hall, J., & Rahmatian, M. (2012). Air pollution, its mortality risk, and economic impacts in tehran, iran. *Iranian Journal of Public Health*, 41(5), 31-38. [PMID]
- Asna-ashary, M., Farzanegan, M. R., Feizi, M., & Sadati, S. M. (2020). COVID-19 outbreak and air pollution in Iran: A panel VAR analysis (No. 16-2020). MAGKS Joint Discussion Paper Series in Economics. [Link]
- Rezaei, S., Khanjani, N., Mohammadi Senjedkooh, S., & Darabi Fard, Z. (2016). [The effect of air pollution on respiratory disease visits to the emergency department in Kerman, Iran (Persian)]. *Health and Development Journal*, 4(4), 306-314. [Link]
- Naddafi, K., Hassanvand, M. S., Yunesian, M., Momeniha, F., Nabizadeh, R., & Faridi, S., et al. (2012). Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 9(1), 28. [DOI:10.1186/1735-2746-9-28] [PMID]
- Alavi, C., Kianejad, S., & Sabbagh, S. A. (2019). [Preparation of air pollution mapping by interpolating kriging method in GIS, Case Study: Tehran Metropolis (Persian)]. *Journal of Urban Ecology Researches*, 10(20), 171-184. [DOI:10.30473/grup.2020.7086]
- Beloconi, A., & Vounatsou, P. (2023). Long-term air pollution exposure and COVID-19 case-severity: An analysis of individual-level data from Switzerland. *Environmental Research*, 216(Pt 1), 114481. [DOI:10.1016/j.envres.2022.114481] [PMID]
- Barcellos, D. D. S., Fernandes, G. M. K., & de Souza, F. T. (2021). Data based model for predicting COVID-19 morbidity and mortality in metropolis. *Scientific Reports*, 11(1), 24491. [DOI:10.1038/s41598-021-04029-6] [PMID]
- da Silva, L. P. D., Fonseca, M. N. D., de Moura, E. N., & de Souza, F. T. (2022). Ecosystems services and green infrastructure for respiratory health protection: A data science approach for Paraná, Brazil. *Sustainability*, 14(3), 1-26. [DOI:10.3390/su14031835]
- Duarte, F., Gadda, T., Luna, C. A. M., & Souza, F. T. (2016). What to expect from the future leaders of Bogotá and Curitiba in terms of public transport: Opinions and practices among university students. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 38, 7-21. [DOI:10.1016/j.trf.2015.12.013]



- Ranzani, O., Alari, A., Olmos, S., Milà, C., Rico, A., & Ballester, J., et al. (2023). Long-term exposure to air pollution and severe COVID-19 in Catalonia: A population-based cohort study. *Nature Communications*, 14(1), 2916. [DOI:10.1038/s41467-023-38469-7] [PMID]
- Walsemann, R., & Neis, P. (2023). Short-term association between COVID-19 related deaths, hospitalized patients and air pollution during the first lockdown in the four largest cities in Germany. *International Journal of Environmental Studies*, 80(1), 207-222. [DOI:10.1080/00207233.2021.2006914]
- Hyman, S., Zhang, J., Andersen, Z. J., Cruickshank, S., & Møller, P., Daras, K., et al. (2023). Long-term exposure to air pollution and COVID-19 severity: A cohort study in Greater Manchester, United Kingdom. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 327, 121594. [DOI:10.1016/j.envpol.2023.121594] [PMID]
- Austin, W., Carattini, S., Gomez-Mahecha, J., & Pesko, M. F. (2023). The effects of contemporaneous air pollution on COVID-19 morbidity and mortality. *Journal of Environmental Economics and Management*, 119, 102815. [DOI:10.1016/j.jeem.2023.102815] [PMID]
- Mohammadi, A., Pishgar, E., Fatima, M., Lotfata, A., Fanni, Z., & Bergquist, R., et al. (2023). The COVID-19 mortality rate is associated with illiteracy, age, and air pollution in urban neighborhoods: A spatiotemporal cross-sectional analysis. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 8(2), 85. [DOI:10.3390/tropicalmed8020085] [PMID]
- Mathys, T., Souza, F. T., Barcellos, D. D. S., & Molderez, I. (2023). The relationship among air pollution, meteorological factors and COVID-19 in the Brussels Capital Region. *The Science of the Total Environment*, 857(Pt 1), 158933. [DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.158933] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank