



Shahid Bahonar
University of Kerman



Iranian E-Commerce Scientific
Association

Analysis of the Effects of Air Pollution and Its Spatial Overflow on the Health Sector (Case Study: Neighboring Countries of Iran)

Hamid Haghnevis¹, Kambiz Hojabrkiani², and Mostafa Rajabi³

1. Department of Economics, Faculty of Law and Economics, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Iran. **Email:** h.haghnevis@gmail.com

2. **Corresponding Author**, Department of Economics and Management, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. **Email:** kianikh@yahoo.com

3. Department of Economics, Faculty of Law and Economics, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Iran. **Email:** rajabi@iaukhsh.ac.ir

Article Info

Article Type:

Research Article.

Article History:

Received: 24 May 2024

Received in revised form: 13 January 2025

Accepted: 25 August 2025

Available online: 3 September 2025

Keywords:

Air Pollution,
Health Sector Costs,
Overhead Effects,
Spatial Durbin.

JEL Classification:

C15, C45, I15, R58.

A B S T R A C T

Objective: In the present study, the effect of air pollution and its spatial overflow on the costs of the health sector has been analyzed.

Method: The direct and indirect relationship between air pollution and health sector costs was evaluated with a spatial panel approach (spatial camera) due to its dynamic and spreading nature. In this regard, the information of 15 neighboring countries of Iran was used during the years 1990 to 2023.

Results: For every one percent increase in air pollution in each country, health costs increase by 0.27 percent on average in other countries. Also, the indirect effect of economic growth in each country has an average of 0.115% on the health sector costs of other countries. The indirect effect of human development is not statistically significant, which means that the level of this variable in each country only reduces the costs of the health sector in that country and has no effect on the costs of the health sector of other countries. Therefore, the results indicate the existence of regional overflows in the model.

Conclusion: The increase in air pollution not only has destructive effects on the health sector of each country, but also leads to an increase in health costs in neighboring countries. This phenomenon indicates inter-country communication and common challenges in the field of public health, which requires international cooperation to reduce pollution and improve health conditions at the regional level.

Cite this article: Haghnevis, H., Hojabrkiani, K., & Rajabi, M. (2026). Analysis of the effects of air pollution and its spatial overflow on the health sector (Case study: Neighboring countries of Iran). *Journal of Accounting Knowledge*, 11(1), 81-96. [In Persian].

DOI: <https://doi.org/10.22103/jdc.2025.23037.1470>



Publisher: Shahid Bahonar University of Kerman.
© Hojabrkiani et al.

Introduction

Existing studies have shown that environmental, social, economic, and health factors have varying degrees of impact on healthcare costs. Among these, air pollution is recognized as the fifth leading cause of death globally. Researchers indicate that for every 10,000 tons of pollution emitted in urban areas, there is an increase in lung cancer, mortality, and respiratory diseases. The World Health Organization estimates that the total number of premature deaths due to air pollution is 8 percent annually. Consequently, air pollution increases the demand for and use of healthcare services, imposing a greater economic burden on governments. This issue is particularly significant in developing countries like Iran, which face environmental challenges due to air pollution.

- The objective of this research is to examine the relationship between air pollution and healthcare costs in the neighboring countries of Iran during the period from 1990 to 2023. This study aims to identify the impacts of air pollution on health costs and provide a spatial econometric model to analyze this relationship.
- With the rapid development of industrialization and urbanization, environmental pollution has become a serious problem. The environmental effects on health depend on pollution concentration and response coefficients to exposure. Studies show that air pollution not only affects the health of individuals in a specific area but also has spatial effects that can impact the health of residents in neighboring regions. However, previous studies have primarily focused on the economic impacts of air pollution, with less attention given to the spillover effects of pollution from other areas.
- This research seeks to fill the gaps in the existing literature regarding the spatial effects of air pollution on health costs. Given that many studies have addressed the impacts of air pollution from individual and local perspectives, this study aims to analyze the effects of air pollution on health costs at a regional and international level using panel data and spatial econometric modeling. This approach can assist in managerial decision-making and optimal policy-making in public health and environmental issues.

Method

Describe the study method, including:

- Spatial econometrics with panel data.
- The adjacency matrix is a symmetric 15×15 matrix with zeros on the main diagonal and zeros and ones outside the main diagonal.
- A value of one is assigned for neighboring countries and zero for non-neighboring countries.
- Start with linear regression models to illustrate how spatial dependence can violate classical regression assumptions.
 - Define y_i as the dependent variable, primarily referred to as "Iran".
 - Assume that the variable matrix is independent of the error processes.
 - Acknowledge that errors in one unit are correlated with errors in other units, leading to different spatial models based on the presence of spatial dependence in the dependent variable, explanatory variables, or error terms.
- Utilize a general framework for spatial panel data analysis.
- Apply the Spatial Durbin Model to capture the effects of neighboring units.
- Use Maximum Likelihood Estimation (MLE) and Quasi-Maximum Likelihood Estimation (QMLE) due to the inefficiency of Ordinary Least Squares (OLS) in addressing heterogeneity and spatial dependence.
- The null hypothesis regarding the suitability of random effects is rejected; fixed effects are more efficient.

- Specify various models within the framework of panel data for the research variables across different samples.

Sampling Procedures

- Collect data from the World Development Indicators (WDI) based on UN classifications for the period 1990-2023.
- Examine countries including Iran, Afghanistan, Turkmenistan, Pakistan, Kazakhstan, Azerbaijan, Armenia, Turkey, Iraq, Kuwait, Bahrain, Qatar, UAE, Saudi Arabia, and Oman.

Mixed Methods Research

- Independent variables: Gross Domestic Product (GDP), pollution, number of hospital beds, Human Development Index (HDI).
- All coefficients of the variables except for the number of hospital beds are statistically significant.
- Indirect effects of all variables except for the Human Development Index are significant.

Results

Based on the approach of the present study, an effort was made to utilize the Spatial Durbin Model to consider the coefficients of the model by differentiating effects into total, direct, and indirect effects. In this regard, using data from 15 neighboring countries of Iran, along with Iran itself, the spillover effects of the variables of air pollution, Human Development Index (HDI), number of hospital beds, and economic growth on health expenditures were evaluated. According to the results from the Spatial Durbin section, the indirect effects of all variables, except for the Human Development Index, are significant on health expenditures. For example, regarding the variable of air pollution, the results indicate that for a 1% increase in air pollution levels in each country, health expenditures in other countries increase by an average of 0.27%. Additionally, the indirect effect of economic growth in each country influences health expenditures in other countries by an average of 0.115%. This finding is consistent with the studies of [Moqaddam Pour et al. \(2021\)](#), [Golkhandan \(2017\)](#), [Salatin and Islambolchi \(2016\)](#), [Basiri et al. \(2015\)](#), and [Shahbazi et al. \(2014\)](#). The indirect effect of the Human Development Index variable is not statistically significant, which means that the level of the Human Development Index in each country only reduces health expenditures in that country itself and does not affect health expenditures in other countries. Therefore, the significance of the indirect effects of air pollution, number of hospital beds, and economic growth variables in each country on health expenditures in other countries indicates the presence of regional spillovers in the model. This finding aligns with the studies of [Shahbazi et al. \(2014\)](#), [Tamizi \(2018\)](#), [Xu et al. \(2022\)](#), and [Rahman and Alam \(2021\)](#).

Conclusions

In this study, the Spatial Durbin Model was employed to examine the impact of air pollution, Human Development Index (HDI), number of hospital beds, and economic growth on health expenditures in Iran and its 15 neighboring countries. The results indicated that the indirect effects of all variables, except for the Human Development Index, are significant on health expenditures. Specifically, increases in air pollution and economic growth in each country lead to an average increase in health expenditures in neighboring countries, highlighting the presence of regional spillovers in the model. On the other hand, the lack of significance of the indirect effect of the Human Development Index suggests that this variable only reduces health expenditures within the country itself and does not affect health expenditures in other countries. These findings align with previous studies and emphasize the importance of considering spatial relationships and spillover effects in economic and health analyses. Overall, this research can

4/ Analysis of the effects of air pollution and its spatial overflow on the health sector ...

assist policymakers in making better decisions to improve public health by understanding the interconnections between countries.

Author Contributions

All authors contributed equally to the preparation of this study.

Data Availability Statement

The data in this study are obtained from the World Bank Development Indicators (WDI) set, classified according to the United Nations report, for the period 1990-2023. The countries studied also include Iran, Afghanistan, Turkmenistan, Pakistan, Kazakhstan, the Republic of Azerbaijan, Armenia, Turkey, Iraq, Kuwait, Bahrain, Qatar, the United Arab Emirates, Saudi Arabia, and Oman.

Acknowledgements

We would like to express our gratitude to the Honorable Vice Chancellor for Research of Islamic Azad University, Khomeini Shahr Branch, for their moral support in carrying out this research.

Ethical Considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of ABCD (Ethical code:).

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

There are no conflicts of interest to this research.



انجمن علمی تجارت الکترونیکی ایران

مجله توسعه و سرمایه

شماره چاپ: ۲۰۰۸-۲۴۲۸ شماره کترونیکی: ۲۴۴۵-۳۶۰۶

Homepage: <https://jdc.uk.ac.ir>



دانشگاه شهید باهنر کرمان

تحلیل اثرات اقتصادی آلودگی هوا و سرریز فضایی آن بر بخش سلامت (مطالعه موردی: کشورهای همسایه ایران)

حمید حق‌نویس^۱، کامبیز هژبر کیانی^۲ و مصطفی رجبی^۳

۱. گروه اقتصاد، دانشکده حقوق و اقتصاد، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران. h.haghnevis@gmail.com **رایانامه:**

۲. نویسنده مسئول، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. kianikh@yahoo.com **رایانامه:**

۳. گروه اقتصاد، دانشکده حقوق و اقتصاد، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران. rajabi@iaukhsh.ac.ir **رایانامه:**

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی.	هدف: در پژوهش حاضر اثر آلودگی هوا و سرریز فضایی آن را بر هزینه‌های بخش سلامت تحلیل شده است.
تاریخ‌ها: تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۳ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۶/۱۲	روش: رابطه مستقیم و غیرمستقیم آلودگی هوا و هزینه‌های بخش سلامت با توجه به ماهیت پویا و انتشار یابنده آن با رویکرد پانل فضایی (دوربین فضایی) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا از اطلاعات ۱۵ کشور همسایه ایران طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ استفاده شد.
واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، هزینه‌های بخش سلامت، اثرات سربار، دوربین فضایی.	یافته‌ها: به ازای یک درصد افزایش در میزان آلودگی هوا در هر کشور، هزینه‌های سلامت به‌طور متوسط در سایر کشورها ۰/۲۷ درصد افزایش می‌یابد. همچنین اثر غیرمستقیم رشد اقتصادی در هر کشور به‌طور متوسط ۰/۱۱۵ درصد بر هزینه‌های بخش سلامت سایر کشورها تأثیرگذار است. اثر غیرمستقیم توسعه انسانی از لحاظ آماری معنادار نیست و بدین معناست که سطح این متغیر در هر کشور تنها موجب کاهش هزینه‌های بخش سلامت در خود آن کشور می‌شود و اثری بر هزینه‌های بخش سلامت سایر کشورها ندارد؛ بنابراین نتایج حاکی از وجود سرریزهای منطقه‌ای در مدل است.
طبقه‌بندی JEL: C15, C45, I15, R58.	نتیجه‌گیری: افزایش آلودگی هوا نه تنها تأثیرات مخربی بر بخش سلامت هر کشور دارد، بلکه به‌طور میانگین به افزایش هزینه‌های سلامت در کشورهای هم‌جوار نیز منجر می‌شود. این پدیده نشان‌دهنده ارتباطات بین کشوری و چالش‌های مشترک در حوزه سلامت عمومی است که نیازمند همکاری‌های بین‌المللی برای کاهش آلودگی و بهبود شرایط بهداشتی در سطح منطقه‌ای است.
استناد: حق‌نویس، حمید؛ هژبر کیانی، کامبیز و رجبی، مصطفی (۱۴۰۵). تحلیل اثرات اقتصادی آلودگی هوا و سرریز فضایی آن بر بخش سلامت (مطالعه موردی: کشورهای همسایه ایران). <i>مجله توسعه و سرمایه</i> ، ۱۱(۱)، ۸۱-۹۶. https://doi.org/10.22103/jdc.2025.23037.1470	
ناشر: دانشگاه شهید باهنر کرمان.	
© هژبر کیانی و همکاران.	

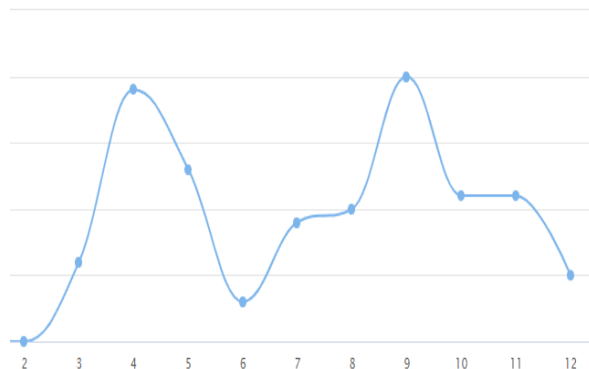


۱- مقدمه

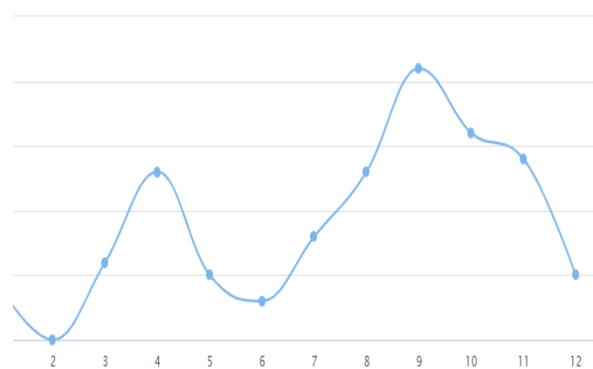
مطالعات موجود ثابت کرده‌اند که عوامل محیطی، اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی بر هزینه‌های بخش سلامت با درجات مختلفی تأثیرگذار است (لوهمن و لچتنفیلد^۱، ۲۰۱۵). در این میان، آلودگی هوا به عنوان پنجمین عامل مرگ و میر در جهان شناخته شده است (بانک جهانی^۲، ۲۰۲۲). محققان مطرح می‌کنند که هر ۱۰ هزار تن انتشار آلودگی در شهرها منجر به افزایش سرطان ریه و مرگ و میر و بیماری‌های تنفسی به ترتیب تا ۰/۰۳۵ و ۰/۰۳۰ درصد به ازای هر ۱۰ هزار نفر خواهد شد (چن و همکاران^۳، ۲۰۲۱). سازمان بهداشت جهانی تعداد کل مرگ‌های پیش از موعد ناشی از آلودگی هوا را سالانه ۸ درصد برآورد کرده است. علاوه بر این، به ازای هر ۱٪ افزایش در آلودگی هوا، کل هزینه‌های پزشکی در حدود ۱۷/۲٪ افزایش پیدا می‌کند. به این ترتیب، آلودگی هوا، تقاضا و استفاده از خدمات بهداشتی را افزایش می‌دهد و در نتیجه بار اقتصادی بیشتری را بر دولت تحمیل می‌کند (ژو و همکاران^۴، ۲۰۲۲)؛ بنابراین، رشد و توسعه شهری و فن‌آوری‌های جدید، همراه با افزایش جمعیت جهانی، منجر به مصرف بالای انرژی، کمبود منابع تجدید ناپذیر طبیعی و افزایش کلی در انتشار آلاینده‌ها شده است (لی و همکاران، ۲۰۲۰). آلودگی هوا ترکیبی از ذرات معلق و گازهایی است که عمدتاً توسط صنایع، وسایل نقلیه موتوری و نیروگاه‌های حرارتی و همچنین از زیست توده در حال سوختن و سوخت‌های فسیلی به اتمسفر آزاد می‌شوند. آلاینده‌ها می‌توانند به صورت اولیه یا ثانویه طبقه‌بندی شوند: آلاینده‌های اولیه به طور مستقیم در اتمسفر آزاد می‌شوند، در حالی که آلاینده‌های ثانویه ناشی از واکنش‌های شیمیایی بین آلاینده‌های اولیه هستند (سان و همکاران، ۲۰۱۹).

این عوامل و عوامل دیگر سلامت کودکان و افراد مسن و افراد در معرض خطر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در نتیجه این تعاملات، هزینه درمان بیماران مبتلا به بیماری‌های تنفسی ناشی از آلودگی هوا باعث می‌شود که کشورها بخش قابل توجهی از تولید ناخالص داخلی (GDP) خود را از دست بدهند که می‌توانست در ساخت بیمارستان‌های جدید یا خرید تجهیزات بهداشتی جدید سرمایه‌گذاری شود؛ بنابراین ارزیابی اثرات آلودگی هوا بر هزینه‌های بخش سلامت یک شاخص مفید برای تصمیم‌گیری در سطوح مدیریتی مختلف است. در مورد ایران نیز طی سال‌های اخیر معضلات زیست‌محیطی ناشی از آلودگی هوا به چالشی پیش روی کلان‌شهرها تبدیل شده است. با مقایسه نمودارهای (۱) و (۲) افزایش تعداد روزهای ناسالم صرفاً به فاصله ۲ سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در ایران کاملاً مشهود است.

نمودار ۲. تعداد روزهای ناسالم برای گروه‌های حساس در سال ۱۴۰۰



نمودار ۱. تعداد روزهای ناسالم برای گروه‌های حساس در سال ۱۴۰۰



منبع: سازمان هواشناسی (۱۴۰۱)

^۱ Lohmann & Lechtenfeld^۲ The World Bank^۳ Chen^۴ Xia

لذا با توجه به اهمیت این موضوع، در این مقاله یک مدل اقتصادسنجی فضایی برای بررسی رابطه میان آلودگی هوا و هزینه‌های بخش سلامت در مجموعه کشورهای همسایه ایران طی دوره زمانی (۱۹۹۰-۲۰۲۳) مطرح خواهد شد. این مطالعه از چند منظر دارای نوآوری است. اول، مطالعات موجود عمدتاً از دیدگاه پزشکی بر مکانیزم آسیب‌شناسانه اثرات آلاینده‌های هوا بر سلامت عمومی تمرکز دارند، اما هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی از دیدگاه کلان کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (تاناکا^۱، ۲۰۱۵). دوم، بسیاری از مطالعات مرتبط با پزشکی در سطح فردی هستند و تنها به رابطه متقابل بین آلودگی هوا و سلامت افراد توجه می‌کنند، بدون در نظر گرفتن این که عوامل مهم دیگری نیز بر شرایط سلامتی تأثیر می‌گذارند، مانند تراکم جمعیت، شرایط بهداشتی و استاندارد زندگی و غیره. این امر ممکن است منجر به مشکل درون‌زایی در فرآیند برآورد شود که نتایج را منحرف می‌کند. سوم، مطالعات قبلی عمدتاً از داده‌های یک شهرستان یا شهر خاص، با مشاهدات روزانه استفاده می‌کنند، اما رابطه آلودگی و سلامت می‌تواند فرآیند بسیار پیچیده‌تری باشد، زیرا اثرات مناطق همسایه به‌غیراز خود منطقه نیز می‌تواند بر وضعیت سلامت عمومی سایه بیندازد؛ بنابراین برای افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها، این اثرات سربار نیز باید مدنظر قرار گیرند. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی روزانه نمی‌تواند شواهد قطعی از رابطه علی بین آلودگی و سلامت فراهم کند، درحالی‌که داده‌های پانل با هر دو مجموعه سری زمانی و اطلاعات مقطعی به‌ندرت در ادبیات پزشکی انجام شده است.

سازمان‌دهی این مقاله به شرح زیر است. در ابتدا، ضمن مرور بر مبانی نظری تحقیق، مبانی تجربی و مطالعاتی که به نحوی به بررسی ارتباط میان آلودگی هوا و هزینه‌های بخش سلامت پرداخته‌اند، مرور می‌شود. سپس به معرفی روش تحقیق و روابط میان متغیرهای موردبررسی پرداخته شده و درنهایت نیز ضمن ارائه نتایج حاصل از تحقیق، پیشنهادهای تحقیق ارائه شده است.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

با توجه به توسعه سریع صنعتی شدن و شهرنشینی، اقتصاد کشورها نیز با سرعت زیادی رشد کرده است؛ اما علی‌رغم دستاوردهای ناشی از رشد اقتصادی، آلودگی محیط‌زیست به‌عنوان یکی از پیامدهای آن به یک مشکل جدی تبدیل شده است چراکه محیط‌زیست عامل مهمی در سلامتی است. اثرات زیست‌محیطی بر سلامت، به غلظت آلودگی، ضرایب پاسخ به در معرض قرار گرفتن و جنبه‌های دیگری بستگی دارد. آلاینده‌های هوا به سطوح خاصی از غلظت که می‌رسند اثرات مضر برای سلامت تنفسی انسان دارند؛ بنابراین با تشدید آلودگی محیط‌زیست، مشکل سلامت عمومی ناشی از آلودگی هوا را نمی‌توان نادیده گرفت. از طرفی، آلودگی هوا اغلب یک همبستگی قوی منطقه‌ای نیز دارد. اثرات جانبی منفی آلودگی هوا و اختلافات منطقه‌ای در تخصیص هزینه‌های بهداشت عمومی، یک اثر فضایی بر سلامت عمومی ایجاد می‌کند زیرا یکی از مشکلات این حوزه، انتقال آلودگی از مناطق مجاور به یک منطقه خاص است (فنگ و همکاران^۲، ۲۰۱۹) که تاکنون در مطالعات انگشت‌شماری موردتوجه قرار گرفته است. به عبارتی، مطالعات بسیاری به موضوع تأثیر اقتصادی آلودگی هوا پرداختند ولیکن اثرات سربار آلودگی دیگر مناطق با توجه به ماهیت پویای آلودگی، در این مطالعات آن‌طور که شایسته است مدنظر قرار نگرفته است و این نشان‌دهنده یک خلأ مطالعاتی در این حوزه است که بررسی آن در وضعیت کنونی جوامع ضروری است.

هنگامی که گراسمن^۳ (۱۹۷۲) نظریه تابع تولید سلامت را مطرح کرد، توجه مطالعات به سمت آلودگی هوا و سلامت جلب شد. تابع تولید سلامت رابطه بین ورودی و خروجی تولید سلامت را توصیف می‌کند. وی سلامت را به تابع منفعت مصرف‌کننده معرفی کرد که می‌تواند منفعت و محصول سرمایه‌گذاری را به ارمغان بیاورد و درآمد کسب کند. کراپر^۴ (۱۹۸۱) چارچوب

¹ Tanaka

² Feng

³ Grossman

⁴ Cropper

تجزیه و تحلیل آلودگی هوا را با متغیرهای آلودگی هوا بر اساس مدل نظری گروسمن مطرح کرد و نتیجه گرفت آلودگی هوا عامل مهم مؤثر بر سلامت است. **گرکینگ و استنلی**^۱ (۱۹۸۶) به طور مستقیم غلظت آلاینده‌های هوا را به تابع تولید سلامت وارد کردند تا تمایل به پرداخت برای بهبود کیفیت هوا را مورد مطالعه قرار دهند؛ بنابراین در مجموع می‌توان گفت، در یک چرخه زندگی، آلودگی هوا بر نرخ استهلاك سلامت تأثیر می‌گذارد و ساکنان مناطق با آلودگی شدید هوا با اثرات کاهش سریع موجودی سرمایه سلامت مواجه هستند (**آلبرینی و همکاران**^۲، ۱۹۹۷). **اسپیکس و همکاران**^۳ (۱۹۹۳) دریافتند افزایش غلظت آلاینده‌ها ارتباط مستقیمی با بیماری‌های سیستم تنفسی و بروز بیماری‌های قلبی دارد؛ اما این مطالعات عمدتاً از دیدگاه علوم زیستی و پزشکی بودند. مطالعه **چن و همکاران**^۴ (۲۰۱۳) نشان داد متوسط امید به زندگی ساکنان شمال چین حدود ۵/۵ سال به دلیل آلودگی هوا کاهش یافته است. **چن و همکاران** (۲۰۱۳) نیز ادعا کردند در دهه ۱۹۹۰، آلودگی هوا باعث شده تا زندگی ساکنان شمال چین تا ۲۵ سال کاهش یابد که معادل با ۱۲/۵٪ از نیروی کار این منطقه بود. تمام این مطالعات نشان داده‌اند آلودگی هوا تأثیر مهمی بر سلامت ساکنان مناطق مختلف داشته است. با این حال، تجزیه و تحلیل آلودگی هوا عمدتاً از دیدگاه کلان و مقالات کمی وجود دارند که تفاوت‌های منطقه‌ای در آلودگی هوا را نیز در مدنظر قرار داده باشند.

با توجه به موارد فوق، تأثیر آلودگی هوا بر سلامت عمومی بسیار مشهود است و چگونگی توسعه سیاست زیست محیطی مؤثر برای بهبود اثرات بهداشت محیط مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است. **وانگ و همکاران**^۵ (۱۹۹۸) دریافتند انتشار آلودگی هوا پس از اجرای سیاست‌های زیست محیطی برای سوخت‌های سولفور در هنگ کنگ تقریباً تا ۸۰٪ کاهش یافت. همچنین در این مطالعه آمده است، تعداد کودکانی که از بیماری‌های تنفسی رنج می‌برند حدود ۱۶ تا ۲۹ درصد کاهش یافت؛ بنابراین مقررات زیست محیطی عمدتاً برای کنترل و کاهش سطح آلودگی برای بهبود اثرات بهداشت زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفتند، اما این نکته بایستی مدنظر قرار گیرد که تأثیرات ساختاری، یعنی تأثیر آلودگی هوا بر سلامت ساکنین مناطق مجاور با ناهمگونی از نظر آلودگی را نمی‌توان نادیده گرفت. این ناهمگونی عمدتاً ناشی از دو جنبه است: تفاوت‌های خرد و تفاوت‌ها در توزیع منابع عمومی مانند آموزش، محیط، سلامت و سایر منابع عمومی (**وانگ**، ۲۰۰۷). **لو و چی**^۶ (۲۰۱۳) در مطالعه خود اشاره می‌کنند که تفاوت‌هایی بین اثرات بهداشت محیط در کشورها یا مناطق وجود دارد و خطر بهداشت محیط به سطوح مختلف آموزش، محیط زیست و بهداشت و دیگر خدمات عمومی بستگی دارد. اگرچه این مطالعات اثرات آلودگی هوا بر سلامت عمومی را از چند دیدگاه تجزیه و تحلیل کرده‌اند، اما مطالعات کمی در مورد گسترش فضایی آلودگی هوا و اثر فضایی بر سلامت عمومی وجود دارد. چراکه آلودگی هوا نه تنها منطقه خاصی را به خودی خود تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه مناطق مجاور را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (**ما و همکاران**^۷، ۲۰۱۴). به دلیل وابستگی فضایی مشکل آلودگی هوا، یک تلاش منطقه‌ای برای بهبود کیفیت هوا کافی نیست. به دلیل تفاوت‌های منطقه‌ای در جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، پزشکی و دیگر جنبه‌ها، عواملی که باعث آلودگی هوا در مناطق مختلف می‌شوند، تفاوت‌های فضایی قابل توجهی در سلامت عمومی دیگر مناطق ایجاد می‌کنند. به طور خاص، تفاوت‌های موجود در شرایط پزشکی مناطق مختلف، می‌تواند ویژگی‌های فضایی را در داده‌های مربوط به تعداد افرادی که معاینات بهداشتی و درمانی را در بیمارستان‌ها دریافت می‌کنند، ایجاد کند (**برومه و همکاران**^۸، ۲۰۱۵).

¹ Gerking & Stanley² Alberini³ Spix⁴ Chen⁵ Wong⁶ Lu & Qi⁷ Ma⁸ Broome

مطالعاتی که به بررسی اثرات فضایی آلودگی هوا بر بخش سلامت پرداختند را می توان از دو جنبه خلاصه کرد. برخی از این مطالعات عمدتاً در زمینه های علوم زیست محیطی و پزشکی متمرکز هستند و برخی دیگر مبتنی بر استفاده از نمونه هایی برای بررسی اثرات اقتصادی سلامت و محیط زیست هستند (لارسون و روزن^۱، ۲۰۰۲؛ تارریکون^۲، ۲۰۰۶ و زی^۳، ۲۰۱۳). در این مطالعات، عمدتاً از داده های پانلی برای تحلیل روابط بین آلودگی هوا و سلامت با استفاده از اقتصادسنجی فضایی استفاده شده است؛ بنابراین در مجموع می توان گفت، تجزیه و تحلیل اثرات فضایی آلاینده های هوا بر سلامت عمومی معنادار است به شرطی که اثرات سرریز آلودگی هوا و سلامت را در نظر گرفته شود. در این مطالعه تلاش شده است اثرات فضایی آلودگی هوا در ایران و کشورهای همسایه آن مورد ارزیابی قرار گیرد.

به گفته فرهانی و بن رجیب^۴ (۲۰۱۲)، منطقه مورد بررسی در این مطالعه دارای منابع طبیعی فراوانی و ذخایر بالای نفت و گاز طبیعی هستند. از سال ۲۰۱۶، ذخایر نفتی منطقه به میزان ۵۱٪ و ذخایر گاز طبیعی به میزان ۴۱٪ کاهش یافته است. سهم مصرف انرژی تجدید پذیر در این منطقه در سال ۲۰۱۰ به اندازه ۲٪ بود که انتظار می رود تا سال ۲۰۳۵ به ۱۲٪ افزایش یابد؛ بنابراین این منطقه به دلیل اهمیت آن در حوزه منابع انرژی تجدید ناپذیر به شدت در معرض تغییرات آب و هوایی قرار دارد. اکثر مطالعات قبلی تأیید می کنند انرژی تجدید ناپذیر ارزان، فرآیندهای تولید را آسان تر کرده اما منجر به افزایش انتشار CO₂ و عمیق تر شدن جای پای کربن منطقه نسبت به دیگر مناطق جهان شده است. منابع اولیه انتشار CO₂ در منطقه، تولید و مصرف انرژی است. به طور خاص، تولید و مصرف انرژی منبع بیش از ۸۰٪ انتشار CO₂ در منطقه در نظر گرفته می شود. این وضعیت در حالی است که یکی از مهم ترین مشکلات مربوط به آلودگی هوا، مشکلات سلامتی و بیماری های ناشی از آن است (سازمان جهانی بهداشت^۵، ۲۰۲۲). بیماری های ناشی از آلودگی هوا باعث مرگ ۹ میلیون نفر در سراسر جهان در سال ۲۰۲۰ شده است که این تعداد، ۱۶ درصد از کل مرگ و میرها در آن سال، سه برابر کل مرگ و میرهای ناشی از ایدز، سل و مالاریا و ۱۵ برابر تعداد مرگ و میرهای ناشی از جنگ و دیگر خشونت ها است (چن و همکاران، ۲۰۲۱). از طرفی، وجود آلودگی هوا و تهدید سلامت انسان موجب افزایش هزینه های پزشکی و بهداشتی افراد خواهد شد؛ بنابراین با بررسی مطالعات انجام شده می توان به این نتیجه رسید که آلودگی هوا به افزایش هزینه های سلامت منتهی و بنابراین میان آنها ارتباطی مهم وجود دارد (چن و همکاران، ۲۰۲۱). در مجموع مطالعات بسیاری به بررسی رابطه میان آلودگی هوا و بخش سلامت پرداختند. در میان مطالعات خارجی، ژو و همکاران^۶ (۲۰۲۲) تأثیر آلودگی هوا بر هزینه های سلامت را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه به این نتیجه رسیده شد که تأثیر محیط زیست روی هزینه های سلامت روز به روز بیشتر می شود و به تمرکز تحقیقات آینده تبدیل خواهد شد. رحمان و عالم^۷ (۲۰۲۱) به بررسی رابطه بین هزینه های بخش سلامت (دولتی و خصوصی)، مصرف انرژی و آلودگی زیست محیطی در کشورهای عضو اتحادیه همکاری های منطقه ای جنوب آسیا پرداختند. در این مطالعه با روش خود رگرسیون پانلی با وقفه های توزیعی^۸ (ARDL) و دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۷ برای هشت کشور در جنوب آسیا شامل هند، پاکستان، بنگلادش، سریلانکا، نپال، مالدیو، بوتان و افغانستان به این نتیجه رسیدند آلودگی محیط زیست تأثیر منفی و معناداری بر وضعیت سلامت این مناطق (۰/۰۸۵-) در بلندمدت دارد. لی و همکاران^۹ (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر آلودگی هوا بر بار اقتصادی بیماری های تنفسی در سطوح

¹ Larson & Rosen² Tarricone³ Xie⁴ Farhani & Benrejeb⁵ World Health Organization⁶ Xu⁷ Rahman and Alam⁸ Auto Regressive Distributed Lag⁹ Li

مختلف آلودگی پرداختند. بر اساس نتایج تحقیق، آلودگی هوا تأثیر مثبتی بر کل مخارج بهداشت و درمان و مخارج دارو دارد. **هاوارد و همکاران**^۱ (۲۰۲۰) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که هزینه مراقبت‌های بهداشتی مرتبط با کاهش آلودگی هوا ممکن است بسیار بزرگتر از چیزی باشد که پیش‌بینی شده است. **فرانکلین و همکاران**^۲ (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی ارتباط بین آلودگی هوا و بیماری قلبی پرداختند. آنها دریافتند که قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا بر افزایش بیماری‌های قلبی عروقی و گسترش حوادث حاد قلبی تأثیرگذار است. **نارایان و نارایان**^۳ (۲۰۰۸) از داده‌های کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۹ برای بررسی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت کیفیت محیط‌زیست بر روی هزینه‌های سلامت استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد آلاینده‌های هوا اثرات مثبت قابل توجهی بر هزینه‌های بهداشتی دارد. **فتوره‌چی**^۴ (۲۰۱۶) با استفاده از داده‌های پانل، اثرات دی‌اکسید کربن را بر مرگ‌ومیر نوزادان و امید به زندگی در طول ۲۰ سال از سال ۱۹۹۰ در چندین کشور در حال توسعه مطالعه و به این نتیجه رسیدند آلودگی هوا مرگ‌ومیر را افزایش می‌دهد. در همین حال، آلودگی هوا می‌تواند بیماری‌های تنفسی، بویژه در بیماران مبتلا به آسم و بیماری انسدادی مزمن ریه را تشدید کند. با این حال، تمامی مطالعات به نتایج یکسانی دست نیافتند. **اسپیکس و همکاران** (۱۹۹۳) و **لیفرت و همکاران**^۵ (۱۹۹۴) دریافتند که پس از رسیدن به سطوح بالای آلودگی، نرخ مرگ‌ومیر روزانه کاهش یافته است. **میزوشیما**^۶ (۲۰۰۸) بر اساس داده‌های کشور غنا از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۸ و رویکرد FMOLS به این نتیجه رسیدند که انتشار دی‌اکسید کربن هیچ اثر مشخصی بر هزینه‌های سلامت ندارد. **دنگ و همکاران**^۷ (۲۰۱۷) و **شن و همکاران**^۸ (۲۰۱۷) در مورد تأثیر آلودگی صنعتی بر سلامت در چین، از جمله آسم، بیماری‌های تنفسی و دیگر بیماری‌های مربوط به سیستم تنفسی بحث کرده‌اند. در این مطالعات به این نتیجه رسیده شده که هزینه‌های سلامت بخش بزرگی از کل هزینه‌های چین را تشکیل می‌دهند و مهم‌ترین بار اقتصادی چین است. از سوی دیگر، **دنگ و همکاران** (۲۰۱۷) در مطالعه خود مطرح می‌کنند در مقایسه با مناطق توسعه‌یافته، سرمایه‌گذاری در مناطق کمتر توسعه‌یافته، مقرون به صرفه تر است و می‌تواند کاهش آلودگی هوا را تسهیل کند.

در میان مطالعات داخلی نیز **شهبازخانی و همکاران** (۱۴۰۳) در مطالعه خود برای ایران در دوره زمانی ۱۴۰۱:۲-۱۳۸۰:۱ و با روش الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا و رویکرد بیزی، مطرح نمودند بهبود بخش سلامت از طریق سرمایه‌گذاری در این حوزه موجب بهبود متغیرهای بخش سلامت می‌شود. **اعمی بنده‌قرائی و همکاران** (۱۴۰۳) در مطالعه خود در رابطه با ۳۷ کشور در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ با روش پانل آستانه‌ای، به این نتیجه رسیدند انتشار دی‌اکسید کربن می‌تواند بر ابعاد مختلف بخش سلامت از جمله امید به زندگی سالم تأثیر بگذارد. **مقدم‌پور و همکاران** (۱۴۰۰) در مطالعه خود به بررسی رابطه هزینه‌های سلامت با آلودگی هوای استان‌ها از طریق دی‌اکسید کربن پرداختند. در این مطالعه با داده سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ و روش رگرسیون داده‌های تابلویی این نتیجه به دست آمد که رابطه مثبت و معناداری بین متغیرهای آلودگی هوا، درآمد سرانه استان، با هزینه‌های بخش سلامت وجود دارد. **غلامی و همکاران** (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی تأثیر آلاینده‌های کربنی ناشی از بخش حمل‌ونقل و صنعت را بر رفاه سلامت و رفاه اقتصادی در ایران مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند میان آلودگی هوا و رفاه سلامت ارتباطی منفی وجود دارد. **گل‌خندان** (۱۳۹۶) در مطالعه خود با استفاده از داده‌های فضایی ۱۳۹۲-۱۳۵۸ به بررسی رابطه پویای بلندمدت و کوتاه‌مدت بین سرانه هزینه‌های بخش سلامت، شاخص‌های آلودگی

^۱ Howard^۲ Franklin^۳ Narayan & Narayan^۴ Fotourehchi^۵ Lipfert^۶ Mizushima^۷ Dong^۸ Shen

هوا در آمد سرانه، سرانه پزشک، سالمندی و شهرنشینی پرداخته است. بر اساس نتایج به دست آمده انتشار گازهای آلاینده، سرانه هزینه های بخش سلامت را در کوتاه مدت و بلندمدت افزایش می دهد. **سلاطین و اسلامبولچی (۱۳۹۵)** در مطالعه خود به بررسی رابطه و میزان تأثیر گذاری آلودگی هوا (به عنوان شاخص نشان دهنده کیفیت محیط زیست) بر مخارج بهداشتی (به عنوان شاخص نشان دهنده اقتصاد سلامت) در گروه کشورهای منتخب درآمد متوسط و کشورهای دارای بیشترین آلودگی هوا، با استفاده از روش داده های تابلویی پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد آلودگی هوا تأثیر مثبت و معناداری بر مخارج بهداشتی دارد. **بصری و همکاران (۱۳۹۴)** در مطالعه خود به بررسی تأثیر آلودگی هوا بر سلامت مردم شهر اصفهان در کوتاه مدت و بلندمدت پرداختند. در این مطالعه به این نتیجه رسیده شد که با افزایش مصرف بنزین خودروها و مازوت کارخانه ها و صنایع در اثر ایجاد آلودگی هرچه بیشتر هوا هزینه های سلامت و مرگ و میر ناشی از بیماری های قلبی و ریوی در شهر اصفهان افزایش می یابد. **فلاحی و همکاران (۱۳۹۲)** در مطالعه خود به بررسی عوامل مؤثر بر سلامت طی سال های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۷ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. یافته های این تحقیق نشان می دهد شهرنشینی به عنوان عامل تشدید کننده آلودگی هوا بیشترین تأثیر را بر سلامت و امید به زندگی افراد داشته است.

با توجه به موارد مذکور، مطالعات پیشین با موضوع تأثیر آلودگی هوا بر هزینه های بخش سلامت اغلب بدون در نظر گرفتن اثرات سربار آلودگی دیگر مناطق به این موضوع پرداخته اند. در حالی که در نظر گرفتن این اثرات بر دقت بررسی ها می افزاید. بر این اساس آلودگی در مناطق مجاور می تواند منجر به افزایش آلودگی یک منطقه شود. به عنوان مثال هجوم ریزگردها از کشورهای همسایه همچون عراق به ایران در سال های اخیر نمونه ای از این نوع آلودگی است. لازم به ذکر است تحقیقات در علوم منطقه ای به طور وسیعی مبتنی بر داده های نمونه ای منطقه ای است ولیکن در اغلب تحقیقات، متغیرهایی وجود دارند که مربوط به مکان و موقعیت جغرافیایی هستند که در این مطالعه این متغیر، آلودگی هواست. در چنین شرایطی به کار بردن شیوه های معمول اقتصادسنجی مناسب نخواهد بود و بایستی اثرات دیگر مناطق بر این شاخص منطقه ای به عنوان اثرات سربار یا سرریز در ارزیابی ها مدنظر قرار گیرد (**منجذب و نصرتی، ۱۳۹۷**).

۳- مواد و روش ها

برای تصریح مدل های مختلف اقتصادسنجی فضایی، با استفاده از مدل رگرسیون خطی آغاز کرده و نشان داده می شود که چگونه وابستگی فضایی می تواند به نقض فروض رگرسیون کلاسیک منجر شود. برای این منظور، فرض می شود که y_i نشان دهنده متغیر وابسته است (برای واحد i)، این متغیر عمدتاً «کشور ایران» نامیده می شود و به صورت معمول فرض می شود این متغیر تابعی خطی از ماتریس x_i و برخی دیگر از متغیرهای اندازه گیری نشده است که آنها را «خطا» نامیده و با ε_i نشان داده می شود؛ به طوری که:

$$y_i = x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

در اینجا به خاطر سادگی در نوشتن مدل به صورت خطی در نظر گرفته شده است. البته باید گفت هرگونه بسط مدل که در اقتصادسنجی معمولی وجود دارد در اقتصادسنجی فضایی نیز امکان پذیر است. مهم ترین فرض در این قسمت غیر از اینکه تصریح مدل موردنظر صحیح است، آن خواهد بود که ماتریس متغیرها از فرآیندهای مربوط به خطاها مستقل هستند. برای شروع فرض می شود که فرآیندهای خطا و بنابراین، عبارت $\frac{y_i}{x_i}$ در طول تمامی مشاهدات مستقل هستند. اصلی ترین دیدگاه فضایی آن است که خطاها یا ε_i (که عمدتاً به عنوان متغیر محذوف یا متغیرهای اندازه گیری نشده در نظر گرفته می شوند) در واحد موردنظر i ، با خطاهای

ε_{it} در واحدهای دیگر با یکدیگر مرتبط هستند. بسته به اینکه متغیر وابسته، متغیرهای توضیحی یا جمله خطا وابستگی فضایی داشته باشند مدل‌های فضایی متفاوتی مطرح می‌شوند. تصریح عمومی برای داده‌های تابلویی فضایی به صورت رابطه زیر است:

$$Y_i = \tau Y_{i,t-1} + \rho WY_{it} + X_{it}\beta + DX_{it}\theta + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda E\vartheta_{it} + u_{it}, \quad u_{it} \approx N(0, \sigma^2 I_N)$$

که در اینجا i و t به ترتیب نشان‌دهنده مقطع و زمان، Y_i یک بردار $n \times 1$ از متغیرهای وابسته و X_{it} بیانگر یک ماتریس $n \times k$ از متغیرهای توضیحی و W ماتریس وزنی فضایی متغیر وابسته در ابعاد $n \times n$ است. D ماتریس وزنی فضایی متغیر توضیحی (مستقل) و E ماتریس وزنی فضایی جملات اخلاص است. α_i اثر ثابت تصادفی و γ_t اثر زمان است. بنابراین مدل دورین فضایی به این صورت مطرح می‌شود:

$$(\lambda = \theta) \rightarrow Y_{it} = \tau Y_{it-1} + \rho WY_{it} + X_{it}\beta + DX_{it}\theta + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

مدل‌های خودرگرسیون فضایی و دورین فضایی استاندارد زمانی به دست می‌آیند که مدل‌های ایستا و تصریحی با $\tau=0$ در نظر گرفته شوند. ضریب خودرگرسیون فضایی ρ نشان‌دهنده این است که متغیر وابسته در یک کشور تا چه اندازه تحت تأثیر متغیر وابسته کشورهای همسایه قرار می‌گیرد. همچنین، در صورت وجود وابستگی فضایی در اجزای اخلاص، یک شوک خارجی (مانند جنگ یا رویدادهای اقتصادی و سیاسی) در یک کشور می‌تواند به تغییرات متوسط در متغیر وابسته کشورهای همسایه منجر و ضریب خطای فضایی λ میزان این تأثیر را نشان می‌دهد. در مدل دورین فضایی، متغیر وابسته یک کشور تحت تأثیر میانگین وزنی متغیرهای توضیحی سایر کشورها قرار می‌گیرد و θ اندازه این تأثیر را مشخص می‌کند. همچنین، در مدل‌های اقتصادسنجی فضایی به دلیل ناکارآمدی روش‌های متداول حداقل مربعات معمولی در نادیده گرفتن ناهمسانی و وابستگی فضایی، از روش حداکثر راستنمایی (MLE) و شبه حداکثر راستنمایی (QMLE) برای برآورد ضرایب مدل‌های فضایی استفاده می‌شود.

در این پژوهش با تصریح مدل‌های مختلف بحث شده در چارچوب داده‌های تابلویی برای متغیرهای تحقیق در بین نمونه‌های مختلف انجام می‌شود. همچنین به منظور تخمین ضرایب مدل دورین فضایی از روش حداکثر راستنمایی استفاده شده است. مدل پژوهش و متغیرهای آن در این مطالعه برگرفته از مطالعه بالکوئزفرناندز و همکاران^۱ (۲۰۱۹) به منظور بررسی رابطه میان آلودگی‌های ناشی از انتشار دی‌اکسید کربن و هزینه‌های بخش سلامت در مجموعه کشورهای همسایه ایران به صورت زیر است:

$$HC_{it} = \beta_0 + \beta_1 HC_{it-1} + \beta_2 GDP_{it} + \beta_3 HDI_{it} + \beta_4 AP_{it} + BED_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

در رابطه مذکور HC_{it} هزینه‌های بخش سلامت در دوره t ، HC_{it-1} هزینه‌های بخش سلامت به صورت با وقفه، GDP_{it} تولید ناخالص داخلی، AP_{it} انتشار گاز دی‌اکسید کربن در دوره t ، BED_{it} تعداد تخت‌های بیمارستانی در دوره t و HDI_{it} شاخص سرمایه انسانی در دوره t و برای کشور i است. داده‌ها در این تحقیق از مجموعه شاخص‌های توسعه بانک جهانی^۲ که بر اساس گزارش سازمان ملل طبقه‌بندی شده‌اند، در دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۳ به دست آمده است. همچنین کشورهای مورد بررسی شامل ایران، افغانستان، ترکمنستان، پاکستان، قزاقستان، جمهوری آذربایجان، ارمنستان، ترکیه، عراق، کویت، بحرین، قطر، امارات متحده عربی، عربستان، عمان است.

۴- نتایج و بحث

روش تحقیق حاضر از نوع اقتصادسنجی فضایی با داده‌های پانلی است. وابستگی فضایی در داده‌های پانلی نسبت به سایر داده‌ها به دلیل وابستگی فضایی اهمیت بیشتری دارد؛ زیرا موقعیت مکانی i وابسته به سایر موقعیت‌های مکانی j می‌باشد.

^۱ Blázquez-Fernandez

^۲ Word Development Indicator

ناهمسانی فضایی ناشی از روابط یا پارامترهای مدل، به موازات حرکت در صفحه مختصات با داده‌های نمونه‌ای تغییر می‌کند (عسگری و اکبری، ۱۳۸۰). از روش حداکثر درست‌نمایی برای حل این مسائل و برآورد پارامترهای مدل استفاده می‌شود. در این مطالعه، از مجاورت و همسایگی جهت تعیین موقعیت و تشکیل ماتریس وزنی فضایی، بهره‌برداری می‌شود. این امر موقعیت یک واحد منطقه‌ای را نسبت به دیگر واحدهای فضایی ارایه می‌کند. لذا، برای مقاطع (کشور) همسایه مقطع (کشور) مورد نظر، عدد یک و برای مقاطع غیرمجاور، عدد صفر لحاظ می‌شود. ماتریس‌های حاصل (ماتریس مجاورت)، متقارن می‌باشد و عناصر قطر اصلی این ماتریس صفر است (تمیزی، ۱۳۹۷).

ماتریس وزنی فضایی یا ماتریس مجاورت در مدل‌های فضایی، در قالب متغیر توضیحی برای تصویر تأثیر مشاهدات مجاور در مدل لحاظ می‌شود. رویکردهای گوناگونی برای ترسیم ماتریس مجاورت شامل مجاورت خطی، رخ مانند، خطی دوطرفه و رخ مانند دوطرفه وجود دارد. عناصر روی قطر اصلی در ماتریس مجاورت، صفر و عناصر خارج از قطر اصلی مقدار یک را به خود اختصاص می‌دهند. پس از طراحی ماتریس مجاورت، بایستی از ماتریس استاندارد (ماتریس وزنی فضایی)، در برآورد مدل استفاده کرد. در این راستا، در وهله نخست ماتریس مجاورت برای ۱۵ کشور مورد بررسی در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ طراحی شد؛ به‌طوری‌که برای کشورهای همسایه عدد یک و برای کشورهای غیر همسایه عدد صفر لحاظ شد. لذا، ماتریس مجاورت یک ماتریس متقارن 15×15 با عناصر روی قطر اصلی صفر و عناصر خارج از قطر اصلی صفر و یک است. سپس، برای تعریف ماتریس وزنی فضایی از ماتریس مجاورت استاندارد مرتبه اول استفاده شد. در این ماتریس، استانداردسازی بر مبنای مجموع هر یک از سطرهای ماتریس مجاورت انجام شد. پس از تشکیل ماتریس وزنی، مدل تجربی تحقیق برآورد و نتایج تخمین مدل به‌صورت ادامه خواهد داشت.

۵-۱- آزمون‌های تشخیصی در رگرسیون فضایی

در مدل‌های اقتصادسنجی فضایی، بهتر است ابتدا یک مدل کلی در نظر گرفته شود و سپس آزمون‌های مربوط به وابستگی فضایی و خودهمبستگی فضایی میان جملات اختلال بررسی تا در نهایت مشخص گردد کدام مدل برای مطالعه حاضر مناسب‌تر است. در این بخش، قبل از تخمین مدل تحقیق، لازم است وابستگی فضایی و وجود خودهمبستگی بین جملات اختلال مورد آزمون قرار گیرد. برای این منظور از آزمون LM و آزمون موران استفاده و نتایج آزمون LM در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول ۱. نتایج آماره آزمون LM برای معنادار بودن اثر وابستگی فضایی

مقدار آماره X^2	درجه آزادی	ارزش احتمال
۴/۴۸	۱	۰/۰۳

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج ارائه شده در جدول (۱) نشان می‌دهد فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود وابستگی فضایی میان مشاهدات در سطح معناداری ۱ درصد رد شده و بنابراین وابستگی فضایی میان مشاهدات تأیید می‌شود. در مرحله بعد، با استفاده از آزمون موران، خودهمبستگی بین جملات اختلال مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج این آزمون در جدول (۲) ارائه شده است:

جدول ۲. نتایج آزمون موران برای آزمون خودهمبستگی فضایی میان جملات اختلال

مقدار آماره	درجه آزادی	ارزش احتمال
۱/۰۷	۱	۰/۲۸

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج موجود در جدول (۲)، می‌توان گفت فرضیه صفر که نشان‌دهنده عدم وجود خودهمبستگی فضایی در بین جملات اختلال است، در سطح معناداری ۱ درصد رد نمی‌شود و بنابراین خودهمبستگی فضایی در بین جملات اختلال وجود ندارد. در ادامه، به منظور بررسی همگرایی آلودگی در مناطق، از مدل دوربین فضایی با در نظر گرفتن وابستگی فضایی میان مشاهدات استفاده شده است. همان‌طور که ذکر شد، سه مدل اصلی در اقتصادسنجی فضایی کاربرد فراوانی دارند:

- الف- مدل وقفه فضایی (SLM)^۱: در این مدل، اثرات فضایی تنها از طریق متغیر وابسته منتقل می‌شوند.
- ب- مدل خطای فضایی (SEM)^۲: در این مدل، اثرات فضایی از طریق جمله اختلال منتقل می‌شوند. این مدل به مدل خود رگرسیون فضایی^۳ نیز شناخته می‌شود.
- ج- مدل دوربین فضایی (SDM)^۴: در این مدل، انتشار اثرات فضایی هم از طریق متغیر وابسته و هم از طریق جمله اختلال صورت می‌گیرد.

۵-۲- آزمون هاسمن

برای تشخیص اینکه در مدل SDM کدام یک از اثرات (تصادفی یا ثابت) دارای کارایی بیشتری است از آزمون هاسمن استفاده شده است. نتایج این آزمون به شرح ذیل است:

Ho: difference in coeffs not systematic
 $\chi^2(9) = 17.83 \quad \text{Prob} > \chi^2 = 0.0372$

با توجه به احتمال آماره کای دو که کمتر از ۰/۰۵ درصد است فرضیه صفر مبنی بر مناسب بودن استفاده از اثرات تصادفی رد می‌شود و استفاده از اثرات ثابت دارای کارایی بیشتری است.

۵-۳- نتایج تخمین الگوهای فضایی

در جدول (۳) نتایج تخمین مدل دوربین فضایی برای مدل هزینه‌های سلامت که به روش حداکثر درستنمایی برآورد شده، ارائه شده است. در این مدل متغیر وابسته هزینه‌های سلامت است و متغیرهای مستقل شامل تولید ناخالص داخلی، آلودگی، تعداد تخت‌های بیمارستانی و شاخص توسعه انسانی هستند که تأثیر آنها بر هزینه‌های بخش سلامت خود کشور (ایران) بررسی شده و متغیرهای با وقفه فضایی متغیرهایی هستند که تأثیر این متغیرها در کشورهای هم‌جوار بر ایران را نشان می‌دهد.

نتایج تخمین مدل دوربین فضایی برای متغیرهای توضیحی در جدول طبق جدول (۴) نشان می‌دهد تمامی ضرایب متغیرهای مدل و مقادیر وقفه فضایی آنها به استثناء متغیر تعداد تخت‌های بیمارستانی از لحاظ آماری در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد معنادار هستند. بر اساس نتایج، افزایش آلودگی هوا در کشور می‌تواند هزینه‌های بخش سلامت کشور را به میزان ۰/۰۷۵ واحد افزایش دهد اما ضریب وقفه فضایی متغیر آلودگی هوا یعنی آلودگی هوای کشورهای هم‌جوار باعث افزایش هزینه‌های بخش سلامت در ایران به میزان ۰/۲۴۱ واحد می‌شود. بر اساس نتایج تحقیق تنها متغیر وقفه فضایی تعداد تخت‌های بیمارستانی به لحاظ آماری بی‌معنا به‌دست آمده است. قسمت سوم که با عبارت وابستگی فضایی مشخص شده بسیار مهم است. چون این قسمت مشخص می‌کند مدل SDM با لحاظ اثرات ثابت متأثر از متغیر وزنی مکانی است چون احتمال آن کمتر از ۰/۰۵ است. همچنین نتایج با توجه به ضرایب تعیین درجه نسبتاً بالایی از قدرت توضیح دهندگی مدل دوربین فضایی را در قالب اثرات ثابت نشان می‌دهد.

^۱ Spatial Lag Model
^۲ Spatial Error Model

^۳ Spatial Auto Model
^۴ Spatial Durbin Model

جدول ۳. نتایج برآورد مدل به روش دوربین فضایی (SDM) متغیر وابسته هزینه‌های بخش سلامت

روش برآورد: حداکثر درستنمایی (ML)		متغیرهای مستقل
احتمال	آماره	
۰/۰۵۲	۰/۰۷۵	آلودگی هوا
۰/۰۲۰	-۰/۵۰۹	شاخص توسعه انسانی
۰/۰۹۶	۰/۰۴۴	تعداد تخت‌های بیمارستانی
۰/۰۰۰	۰/۱۵۸	رشد اقتصادی
۰/۰۳۹	۰/۲۴۱	وقفه فضایی آلودگی هوا
۰/۰۲۹	۰/۱۶۵	وقفه فضایی شاخص توسعه انسانی
۰/۱۱۴	۰/۷۳۸	وقفه فضایی تعداد تخت‌های بیمارستانی
۰/۰۰۵	۰/۱۲۵	وقفه فضایی رشد اقتصادی
۰/۰۴۰	۲/۶۹	وابستگی فضایی
۰/۷۸۷۴		R squared

منبع: یافته‌های تحقیق

۴-۵- برآورد اثرات، کل مستقیم و غیرمستقیم

در الگوی دوربین فضایی تشریح ضرایب مدل با استفاده از تفکیک اثرات به اثرات کل، مستقیم و غیرمستقیم ممکن است و مثل مدل‌های رگرسیونی متعارف از طریق مشتق جزئی امکان‌پذیر نیست. اثر کل نشان‌دهنده اثر متغیر توضیحی وزن داده‌شده در مدل دوربین فضایی است که در حقیقت میانگین وزنی متغیر توضیحی است. از مزیت‌های مهم مدل دوربین فضایی، تفکیک اثر کل به اثرات مستقیم و غیرمستقیم که در واقع نشان‌دهنده اثرات سرریز است. اثر کل مشتق جزئی متغیر وابسته هزینه‌های بخش سلامت نسبت به میانگین وزنی متغیر توضیحی است در حالی که اثرات مستقیم مشتق جزئی متغیر وابسته هر کشور نسبت به متغیر توضیحی همان کشور است. همچنین از تفاضل اثر کل و اثرات مستقیم اثرات غیرمستقیم به دست می‌آید که اثرات سرریز متغیرهای توضیحی سایر کشورها را نشان می‌دهد نتایج برآورد انواع اثرات متغیرهای مدل بر هزینه‌های بخش سلامت در کشورهای همسایه ایران در جدول (۴) ارائه شده است. همان‌گونه که تأکید شد، یکی از مزیت‌های مهم داده‌های فضایی این است که توسط آنها می‌توان اثرات خارجی را به شکل اثرات غیرمستقیم اندازه‌گیری کرد در جدول (۴) اثرات غیرمستقیم متغیرهای مدل بر هزینه‌های بخش سلامت کشورهای همسایه ایران نشان داده شده است. طبق جدول، اثرات غیرمستقیم تمامی متغیرها به جز متغیر شاخص توسعه انسانی بر هزینه‌های بخش سلامت معنادار است.

جدول ۴. نتایج حاصل از اثرات مستقیم، غیرمستقیم و کل

اثر مستقیم		اثر غیرمستقیم (سرریز)		اثر کل		متغیرهای توضیحی
ضریب	احتمال	ضریب	احتمال	ضریب	احتمال	
۰/۰۸۳۴	۰/۱۰۵	۰/۲۷۰۳	۰/۰۳۳	۰/۳۵۳	۰/۰۱۷	آلودگی هوا
-۰/۵۲۳	۰/۱۱۲	۰/۱۳۵	۰/۶۸۴	-۰/۳۸۸۳	۰/۰۱۷	شاخص توسعه انسانی
۰/۰۶۱۹	۰/۶۵۲	۰/۸۱۷	۰/۰۱	۰/۸۷۹	۰/۷۶۸	تعداد تخت‌های بیمارستانی
۰/۱۵۱۳	۰/۰۰۰	-۰/۱۱۵۶	۰/۰۰۲	۰/۰۳۵۶	۰/۰۰۱	رشد اقتصادی

منبع: یافته‌های تحقیق

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به رویکرد تحقیق حاضر، در این مطالعه تلاش شد با به کارگیری الگوی دوربین فضایی ضرایب مدل با استفاده از تفکیک اثرات به اثرات کل، مستقیم و غیرمستقیم مدنظر قرار گیرد. در این راستا با استفاده از داده‌های مربوط به ۱۵ کشور

همسایه ایران به علاوه این کشور، اثرات سربار متغیرهای آلودگی هوا، شاخص توسعه انسانی، تعداد تخت‌های بیمارستانی و رشد اقتصادی بر هزینه‌های بخش سلامت مورد ارزیابی قرار گیرد. بر اساس نتایج بخش دوربین فضایی، اثرات غیرمستقیم تمامی متغیرها به جز متغیر شاخص توسعه انسانی بر هزینه‌های بخش سلامت معنادار است. به عنوان مثال، در خصوص متغیر آلودگی هوا، بر اساس نتایج به دست آمده، به ازای یک درصد افزایش در میزان آلودگی هوا در هر کشور و هزینه‌های سلامت به طور متوسط در سایر کشورها ۰/۲۷ درصد افزایش می‌یابد. همچنین اثر غیرمستقیم رشد اقتصادی در هر کشور به طور متوسط ۰/۱۱۵ درصد بر هزینه‌های بخش سلامت سایر کشورها تأثیر گذار است. این نتیجه همسو با مطالعات مقدم‌پور و همکاران (۱۴۰۰)، گل‌خندان (۱۳۹۶)، سلاطین و اسلامبولچی (۱۳۹۵)، بصیری و همکاران (۱۳۹۴) و شهبازی و همکاران (۱۳۹۴) است. اثر غیرمستقیم متغیر توسعه انسانی از لحاظ آماری معنادار نیست که این نتیجه بدین معناست که سطح شاخص توسعه انسانی در هر کشور تنها موجب کاهش هزینه‌های بخش سلامت در خود آن کشور می‌شود و این متغیر اثری بر هزینه‌های بخش سلامت سایر کشورها ندارد؛ بنابراین معنادار بودن اثرات غیرمستقیم متغیرهای آلودگی هوا، تعداد تخت‌های بیمارستانی و رشد اقتصادی در هر کشور بر هزینه‌های بخش سلامت سایر کشورها، حاکی از وجود سرریزهای منطقه‌ای در مدل است. این نتیجه همسو با مطالعات شهبازی و همکاران (۱۳۹۴)، تمیزی (۱۳۹۷)، ژو و همکاران (۲۰۲۲) و رحمان و عالم (۲۰۲۱) است.

با توجه به نتیجه تحقیق حاضر مبنی بر اثرگذاری آلودگی هوا هم به صورت مستقیم و هم به صورت اثرات سربار، پیشنهاد می‌شود، دولت‌ها با صرف هزینه‌ای بیشتر در بخش سلامت و تخصیص بودجه کافی به این بخش متولیان حوزه سلامت در کشور را مکلف به ارائه راهکارهای کوتاه‌مدت و بلندمدت در حوزه ارتقای آگاهی‌های زیست‌محیطی، به کارگیری فناوری‌های به‌روز در بخش صنعت و نیز تنفیج قوانین و مقررات (تدوین قوانین سختگیرانه جدید و ضروری، حذف قوانین زائد و اصلاح قوانین موجود با توجه به الزامات روز و شرایط زیست‌محیطی فعلی) در حوزه سلامت کشور نمایند. این امر با برهم کنش روابط میان متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق در نهایت موجب ارتقای رشد اقتصادی و کاهش آلودگی در کشور خواهد شد. همچنین امروزه اقداماتی از سوی کشورها در راستای کاهش آلودگی هوا به کار گرفته شده که به شرح ذیل و می‌تواند به عنوان اقدامات سیاستی در راستای کاهش آلودگی هوا از سوی کشورهای نمونه تحقیق به کار گرفته شود. لازم به ذکر است اولین گام برای حل مشکل آلودگی هوا ارزیابی است. محققان آلودگی هوا را بررسی و استانداردهایی را برای اندازه‌گیری نوع و مقدار آلاینده‌های خطرناک تعیین می‌کنند. بعد از آن باید حد مجاز آلاینده‌های هوا مشخص شود. براساس نتایج به دست آمده، پیشنهادهای ذیل ارائه شده است:

الف- بهبود وضعیت کیفیت هوا

- تشکیل اتحادیه‌های منطقه‌ای: ایجاد همکاری بین کشورهای همجوار برای کاهش آلودگی هوا و به اشتراک گذاری شیوه‌های مناسب در کنترل آلودگی
- توسعه حمل و نقل عمومی: افزایش دسترسی و بهبود کیفیت سیستم حمل و نقل عمومی برای کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی و کاهش آلودگی
- تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر: ارائه تسهیلات مالی از سوی کشورها برای مشوق‌های استفاده از انرژی‌های پاک و توسعه زیرساخت‌های لازم
- ب- تقویت زیرساخت‌های بهداشتی

- سرمایه‌گذاری در بخش سلامت: افزایش هزینه‌ها و منابع مالی برای بهبود سیستم‌های بهداشتی و درمانی بویژه در کشورهایی که به شدت تحت تأثیر آلودگی هوا قرار دارند.

- آموزش عمومی: افزایش آگاهی عمومی در مورد تأثیرات آلودگی هوا بر سلامت و روش‌های کاهش خطرات آن.

ج- پشتیبانی از رشد اقتصادی پایدار

- پشتیبانی از صنایع سبز: تشویق به سرمایه‌گذاری در صنایع سبز و استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای کاهش آلودگی و افزایش بهره‌وری.

- ایجاد مشوق‌ها برای اشتغال پایدار: فراهم کردن تسهیلات برای شرکت‌ها و صنایع که در جهت کاهش اثرات منفی آلودگی کار می‌کنند.

- تحقیقات بین‌المللی و منطقه‌ای: برگزاری کنفرانس‌ها و کارگاه‌های آموزشی برای بررسی تأثیرات آلودگی و اشتراک‌گذاری اطلاعات در زمینه سیاست‌های بهداشتی موفق

- ایجاد پایگاه‌های داده مشترک: شکل‌دهی به پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک برای رصد آلودگی و هزینه‌های سلامت بین کشورها

د- توجه به توسعه انسانی

- سرمایه‌گذاری در آموزش و بهداشت: تأکید بر توسعه انسانی با سرمایه‌گذاری در آموزش و خدمات بهداشتی. این امر می‌تواند شامل ارتقای سطح آموزش بهداشت و افزایش دسترسی به خدمات بهداشتی در مناطق محروم باشد. با اجرای این سیاست‌ها، می‌توان انتظار داشت هزینه‌های سلامت در سطح بین‌المللی کاهش و کیفیت زندگی بهبود پیدا کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

جمع‌آوری داده‌ها: حمید حق‌نویس؛ تهیه گزارش پژوهش: حمید حق‌نویس؛ دکتر کامبیز هژبرکیانی و دکتر مصطفی رجبی؛ تحلیل داده‌ها: حمید حق‌نویس؛ دکتر کامبیز هژبرکیانی و دکتر مصطفی رجبی.

این مقاله برگرفته از رساله حمید حق‌نویس در رشته اقتصاد به راهنمایی دکتر کامبیز هژبرکیانی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر است.

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنهادیه مقاله.

نویسنده دوم: استاد راهنمای رساله، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله.

نویسنده سوم: استاد مشاور رساله، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

نویسندگان هیچگونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده‌اند.

تقدیر و تشکر

از تمامی افراد و مؤسساتی که در انجام این تحقیق مؤلفین را مساعدت نمودند، قدردانی می‌شود.

منابع

- اعمی بنده قرائی، حسن؛ صالح نیا، نرگس؛ مختاری ترشیزی، حامد و سیدی، سید محمد (۱۴۰۳). بررسی عوامل اقتصادی- نهادی و زیست محیطی بر امید به زندگی سالم. *مجله توسعه و سرمایه*، انتشار آنلاین از تاریخ ۱۴ فروردین ۱۴۰۳. https://jdc.uk.ac.ir/article_4206.html.
- بصری، فاطمه؛ قاسمی، محمدرضا؛ جنتی، ابوالفضل و جرجزاده، علیرضا (۱۳۹۴). تحلیل تأثیر آلودگی هوا ناشی از صنایع آلاینده و ترافیک شهری بر سلامت؛ مطالعه موردی: شهر اصفهان. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی، <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/91cb51f0c1a1d1ec29ad8f9ab340e8fd>.
- تمیزی، علیرضا (۱۳۹۷). بررسی عوامل تعیین کننده درآمدهای مالیاتی در ایران: رویکرد اقتصادسنجی بیزی. *فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد مقداری*، ۱۵(۱)، ۲۲۵-۲۴۴. https://jqe.scu.ac.ir/article_13587.html.
- سلاطین، پروانه و اسلامبولچی، سحر (۱۳۹۵). تأثیر کیفیت محیط زیست بر اقتصاد سلامت در گروه کشورهای منتخب. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۸(۱)، ۱۰۷-۱۲۱. <https://sanad.iau.ir/fa/Article/839556>.
- شهبازی، کیومرث؛ حمیدی، داود و فشاری، مجید (۱۳۹۴). بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا در کشورهای حوزه دریای خزر: رهیافت مدل دوربین فضایی تابلویی. *محیط شناسی*، ۴۱(۱)، ۱۰۷-۱۲۷. https://jes.ut.ac.ir/article_53904.html.
- شهبازخانی، ولی الله؛ حری، حمیدرضا و کشاورزی، علی (۱۴۰۳). اثر بهبود وضعیت سلامت بر رشد اقتصاد و کیفیت زیست محیطی در چارچوب یک الگوی تعادل عمومی تصادفی پویا بیزین. *مجله توسعه و سرمایه*، ۹(۲)، ۱۳۱-۱۴۶. https://jdc.uk.ac.ir/article_3891.html.
- عسگری، علی واکبری، نعمت الله (۱۳۸۰). روش شناسی اقتصادسنجی فضایی. *تئوری و کاربرد. جامعه شناسی کاربردی*، ۱۲(۱ و ۲)، ۹۳-۱۲۲. <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/235949>.
- غلامی، عارفه؛ عصار، عباس و فرجی، سجاد (۱۳۹۸). تأثیر آلاینده‌های کربنی بر رفاه سلامت و رفاه اقتصادی در ایران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تربیت مدرس، <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/705bffc7b794e721e926dae5990399e6>.
- فلاحی، علی؛ سهیلی، کیومرث؛ نظیفی، مینو و عباس پور، سحر (۱۳۹۲). بررسی و مدل سازی اثر آلودگی هوا بر سلامت، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. *مجله اپیدمیولوژی ایران*، ۹(۲)، ۳۹-۴۹. <https://irje.tums.ac.ir/article-1-5066-fa.html>.
- گل خندان، ابوالقاسم (۱۳۹۶). سنجش تأثیر آلودگی هوا بر هزینه‌های بخش سلامت در ایران. *مجله پژوهش سلامت*، ۲(۳)، ۱۶۶-۱۵۷. <https://www.magiran.com/paper/1724803>.
- مقدم پور، سمیرا؛ بافنده، صادق و لشکری، محمد (۱۴۰۰). تأثیر آلودگی هوا بر مخارج سلامت استان‌های ایران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه پیام نور، مرکز پیام نور مشهد. <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/cb61cc1eb16cd72fac677356b781a6ef>.
- منجذب، محمدرضا و نصرتی، رضا (۱۳۹۷). مدل‌های اقتصادسنجی پیشرفته همراه با ایویوز و استاتا. ناشر: مؤسسه کتاب مهربان نشر. <https://www.gisoom.com/book/11449802>.

References

- Aama Bandeh Gharaei, H., Salehnia, N., Mokhtari Torshizi, H., & Seyedi, S.M. (2024). Examining Economic-institutional and environmental factors affecting healthy life expectancy. *Journal of Development and Capital*, Online Publication as of April 3, 2024. https://jdc.uk.ac.ir/article_4206.html?lang=en [In Persian].
- Alberini, A., Cropper, M., Fu, T.T., Krupnick, A., Liu, J.T., Shaw, D., Harrington, W. (1997) Valuing health effects of air pollution in developing countries: the case of Taiwan. *Journal of Environmental Economics and Management*, 34(2), 107-126. <https://doi.org/10.1006/jeem.1997.1007>.

- Asgari, A., & Akbari, N. (2001). Methodology of spatial econometrics, theory and application. *Applied Sociology*, 12(1&2), 93-122. <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/235949> [In Persian].
- Basiri, F., Ghasemi, M.R., Jannati, A., Jorjorzadeh, A. (2015). Analysis of the impact of air pollution from polluting industries and urban traffic on health; case study: Isfahan city. *Master's Thesis*, Shahid Ashrafi Esfahani University, <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/91cb51f0c1a1d1ec29ad8f9ab340e8fd> [In Persian].
- Blázquez-Fernández, C., Cantarero-Prieto, D., Pascual-Sáez, M. (2019). On the nexus of air pollution and health expenditures: New empirical evidence. *Gaceta Sanitaria*, 33, 389–394. DOI: [10.1016/j.gaceta.2018.01.006](https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.01.006).
- Broome, R.A., Fann, N., Cristina, T.J., Fulcher, C., Duc, H., Morgan, G.G. (2015) The health benefits of reducing air pollution in Sydney. *Environmental Research*, 143(Pt A), 19-25. DOI: [10.1016/j.envres.2015.09.007](https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.09.007).
- Chen, X., Shao, S., Tian, Z., Xie, Z., & Yin, P. (2021). Impacts of air pollution and its spatial spillover effect on public health based on China's big data sample. *Journal of Cleaner Production*, 142, 915–925. DOI: [10.1016/j.jclepro.2016.02.119](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.119).
- Chen, Y., Ebenstein, A., Greenstone, M., & Li, H. (2013). Evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 110(32), 12936-12941. DOI: [10.1073/pnas.1300018110](https://doi.org/10.1073/pnas.1300018110).
- Chen, Z., Wang, J.N., Ma, G.X., Zhang, Y.S., Chen, Z., Wang, J.N., & Zhang, Y.S. (2013) China tackles the health effects of air pollution. *The Lancet*, 382(9909), 1959-1960. DOI: [10.1016/S0140-6736\(13\)62064-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)62064-4).
- Cropper, M.L. (1981) Measuring the benefits from reduced morbidity. *American Economic Review*, 71(2), 235–240. <https://www.econ.umd.edu/sites/www.econ.umd.edu/files/pubs/jc8.pdf>.
- Deng, Q., Lu, C., Li, Y., Chen, L.H., Sundell, J., & Norback, D. (2017) Association between prenatal exposure to industrial air pollution and onset of early childhood ear infection in China. *Atmospheric Environment*, 157, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.005>.
- Falahati, A., Sohili K., Nazifi, M., & Abbas Pour, S. (2013). Investigating and modeling the effect of air pollution on health using artificial neural networks. *Iranian Journal of Epidemiology*, 9(2), 39-49. <https://irje.tums.ac.ir/article-1-5066-fa.html> [In Persian].
- Farhani, S., & Ben Rejeb, J. (2012) Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions: Evidence from panel data for MENA region. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2, 71-81. [Scientific Research Publishing].
- Feng, Y., Cheng, J., & Shen, J. (2019). Spatial effects of air pollution on public health in China. *Environmental and Resource Economics*, 73, 229–250. <https://doi.org/10.1007/s10640-018-0258-4>.
- Fotourehchi, Z. (2016). Health effects of air pollution: An empirical analysis for developing countries. *Atmospheric Pollution Research*, 7, 201–206. DOI: [10.1016/j.apr.2015.08.011](https://doi.org/10.1016/j.apr.2015.08.011).
- Franklin, B., Brook, R., & Arden Pope, C. (2015). Air pollution and cardiovascular disease. *Current Problems in Cardiology*, 40(5), 207-238. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2015.01.003>.
- Gerking, S., Stanley, L.R. (1986). An economic analysis of air pollution and health: The case of St. Louis. *The Review of Economics and Statistics*, 68(1), 115–121. <https://www.jstor.org/stable/1924934>.
- Gholami, A., Asari, A., & Faraji, S. (2019). The impact of carbon pollutants on health and economic welfare in Iran. *Master's Thesis*, Tarbiat Modares University, [GANJ] [In Persian].
- Gol Khandan, A. (2017). Measuring the impact of air pollution on health sector costs in Iran. *Journal of Health Research*, 2(3), 166-157. <https://www.magiran.com/paper/1724803> [In Persian].
- Grossman, M. (1972). Front matter, the demand for health: A theoretical and empirical investigation. *Journal of the Royal Statistical Society*, 137(2), 335–340. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c3484/c3484.pdf>.
- Howard, G., Birnbaum, Christopher D., Urvi, D., Susan, O., & Zuckerman, P.R. (2020). Measuring the impact of air pollution on health care costs. *Health Affairs*, 39(12), 2113–2119. DOI: [10.1377/hlthaff.2020.00081](https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.00081).
- Larson, B.A., & Rosen, S. (2002). Understanding household demand for indoor air pollution control in developing countries. *Social Science & Medicine*, 55(4), 571–584. DOI: [10.1016/s0277-9536\(01\)00188-5](https://doi.org/10.1016/s0277-9536(01)00188-5).
- Li, L., Du, T., Zhang, CH. (2020). The impact of air pollution on healthcare expenditure for respiratory diseases: Evidence from the people's republic of China. *Risk Management and Healthcare Policy*, 13, 1723–1738. DOI: [10.2147/RMHP.S270587](https://doi.org/10.2147/RMHP.S270587).
- Lipfert, F.W. (1994). Air pollution and community health: A critical review and data sourcebook. New York, NY: John Wiley & Sons. [Wiely].
- Lohmann, S., & Lechtenfeld, T. (2015). The effect of drought on health outcomes and health expenditures in rural Vietnam. *World Development*, 72, 432–448. <https://ideas.repec.org/a/eee/wdevel/v72y2015icp432-448.html>.

- Lu, H.Y., & Qi, Y. (2013) Environmental quality, public services and national health: An analysis based on crosscountry data. *Journal of Financial Economics*, (6), 106–118. [https://sysengi.cjoe.ac.cn/CN/10.12011/1000-6788\(2018\)02-0361-13](https://sysengi.cjoe.ac.cn/CN/10.12011/1000-6788(2018)02-0361-13).
- Ma, L., & Zhang, X. (2014). The spatial effect of China's Haze pollution and the impact from economic change and energy structure. *China Industrial Economics*, 31(4), 19–31. [CAOD].
- Mizushima, A. (2008). Population aging and economic growth: The effect of health expenditure. *European University Institute*, EUI ECO, 2008/35. <https://hdl.handle.net/1814/9814>.
- Moghadampour, S., Bafandeh, S., & Lashkari, M. (2021). The impact of air pollution on health expenditures in Iranian provinces. *Master's Thesis*, Payame Noor University, Payame Noor Center in Mashhad <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/cb61cc1eb16cd72fac677356b781a6ef> [In Persian].
- Monjazebe, M.R., Nasrati, R. (2018). Advanced econometric models with Eviews and Stata. Publisher: Mehrban Publishing Institute <https://www.gisoom.com/book/11449802> [In Persian].
- Narayan, P.K., & Narayan, S. (2008). Does environmental quality influence health expenditures? Empirical evidence from a panel of selected OECD countries. *International Journal of Health Policy and Management*, 65, 367–74. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.07.005.
- Rahman, M.M., & Alam, Kh. (2021). The nexus between health status and health expenditure, energy consumption and environmental pollution: empirical evidence from SAARC-BIMSTEC regions. *BMC Public Health*, 21, 1694. DOI: 10.1186/s12889-021-11534-w.
- Salatin, P., & Islambolchi, S. (2016). The Impact of Environmental Quality on Health Economics in Selected Countries. *Journal of Environmental Science and Technology*, 18(1), 107-121. <https://sanad.iau.ir/fa/Article/839556> [In Persian].
- Shahbazi, K., Hamidi, D., & Fashari, M. (2014). Investigating factors affecting air pollution in the caspian sea region countries: A spatial panel data model approach. *Environmental Studies*, 41(1), 127-107. https://jes.ut.ac.ir/article_53904.html?lang=en [In Persian].
- Shahbazkhani, V., Horry, H.R., & Keshavarzi, A. (2024). The impact of health improvement on economic growth and environmental quality within the framework of a dynamic stochastic general equilibrium model. *Journal of Development and Capital*, 9(2), 131-146. https://jdc.uk.ac.ir/article_3891.html?lang=en [In Persian].
- Shen, F., Ge, X., Hu, J., Nie, D., Tian, L., & Chen, M. (2017). Air pollution characteristics and health risks in Henan province, China. *Environmental Research*, 625–634. DOI: 10.1016/j.envres.2017.04.026.
- Spix, C., Heinrich, J., Dockery, D., Schwartz, J., Vcolksch, G., & Schwinkowski, K. (1993). Air pollution and daily mortality in Erfurt, east Germany, 1980-1989. *Environmental Health Perspectives*, 101, 518–526. DOI: 10.1289/ehp.93101518.
- Sun, Z., Yang, X., Zeng, Y. (2019). Influence factors of spatial differentiation of tourism development level in Chongqing based on geographical detector. *Journal of Southwest China Normal University*, 44, 57–63. DOI: 10.13718/j.cnki.xsxb.2019.04.011.
- Tamizi, A.R. (2018). Investigating determinants of tax revenues in Iran: A Bayesian econometric approach. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 15(1), 225-244. DOI: 10.22055/jqe.2018.22887.1690 [In Persian].
- Tanaka, S. (2015). Environmental regulations on air pollution in China and their impact on infant mortality. *Journal of Health Economics*, 42, 90-103. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2015.02.004>.
- Tarricone, R. (2006). Cost-of-illness analysis. What room in health economics? *Health Policy*, 77(1), 51-63. DOI: 10.1016/j.healthpol.2005.07.016.
- Wang, J. (2007). China Macro health production function: Theory and positive analysis. *Nankai Economics Student*, 22(2), 20–42. <http://en.economics.nankai.edu.cn>.
- Wong, S.S., Joselevich, E., Woolley, A.T., Cheung, C.L., & Lieber, C.M. (1998) Covalently functionalized nanotubes as nanometre-sized probes in chemistry and biology. *Nature*, 394(6688), 52-55. DOI: 10.1038/27873.
- World Bank. (2022). Air pollution_locked down by COVID-19 but not arrested. <https://www.worldbank.org>.
- World Health Organization (2022). Air Pollution. <https://www.who.int>.
- Xie, Y. (2013) Health risk assessment of Beijing residents in exposure of air pollution based on environmental simulation of energy consumption scenarios. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 33(6), 1763–1770. DOI: 10.3390/ijerph111212368.
- Xie, Y., Dai, H., Zhang, Y., Wu, Y., Hanaoka, T., Masui, T. (2022). Comparison of health and economic impacts of PM_{2.5} and ozone pollution in China. *Environment International*, 130, 104881. DOI: 10.1016/j.envint.2019.05.075.
- Xu, X., Yang, H., & Li, C. (2022). Theoretical model and actual characteristics of air pollution affecting health cost: A review. *International Journal of Environmental Research*, 19(6), 3532. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063532>.