

Research Article

## Economic Costs of Deaths Due to Air Pollution in Iran

Mohammad Sasanipour\* 

Assistant Professor, National Institute of Population Research, Tehran, Iran.

### ARTICLE INFO

Received: 01 January 2025

Accepted: 09 May 2025

Published: 14 September 2025

#### Keywords:

Economic burden,  
Productivity,  
Mortality,  
Air pollution,  
Iran.

### ABSTRACT

Air pollution poses a significant health risk and imposes considerable economic costs. These costs include direct and indirect medical expenses, as well as productivity losses from health issues and premature deaths. This study estimates the productivity lost due to early deaths from air pollution in Iran for the year 2019, using the Human Capital approach. Data were drawn from the Global Burden of Disease Study (2019), which reported air pollution-related deaths by age and sex. At a discount rate of 5.8%, total productivity loss was estimated at approximately \$293 million, with around \$201 million attributed to men and \$92 million to women. The economic burden of air pollution-related deaths is significantly greater for men compared to women. Since the same per capita GDP was applied to all individuals in the calculations, this disparity cannot be explained by wage differences. Rather, it is likely a result of men's higher exposure to pollution, combined with higher mortality during working years, which exacerbates this inequality.

### Introduction

Air pollution is the leading environmental risk factor for human health, causing approximately 9 million deaths annually (Fuller et al., 2022). Iran, like many other countries, faces challenges related to air pollution, which often reaches hazardous levels in many cities. Air pollution is not only a major health risk but also imposes significant economic costs. These costs include direct and indirect medical expenses as well as reduced productivity resulting from air pollution-related illness and premature death. The monetary value of human life years is a key factor in the economic assessment of health policies and interventions, as it reflects both the potential health and economic benefits of reducing air pollution and the societal costs of inaction. Therefore, this study aims to estimate the costs of decreased productivity caused by premature death from air pollution in Iran in 2019, using the Human Capital approach, specifically the methods of Lost Years of Potential Productive Life (LYPPL) and lost productivity cost.

### Methods and Data

In this study, data on air pollution-related mortality by age and sex in Iran for 2019 were obtained from the Global Burden of Disease (GBD) Study. The cost of lost productivity was measured using the Human Capital (HC) approach, a standard method for calculating the indirect cost of reduced productivity. The monetary value of productivity losses

\*Corresponding author: Mohammad Sasanipour. Assistant Professor, National Institute of Population Research, Tehran, Iran.

E-mail address: [mohammadsasanipour@nipr.ac.ir](mailto:mohammadsasanipour@nipr.ac.ir)

E-ISSN: 2008-3742/© Population Association of Iran. This is an open access article under the CC BY 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

#### Cite this article:

Sasanipour, M. (2025). Economic costs of deaths due to air pollution in Iran. *Journal of Population Association of Iran*, 20(39), 167- 183. <https://doi.org/10.22034/jpai.2025.2049496.1393>

in the Human Capital approach, arising from illness or premature death, is assumed to equal the value of wages lost (absenteeism).

The Potential Years of Life Lost (PYLL) index for air pollution was calculated by multiplying the total number of deaths at each age (0-75 years) by the remaining years of life up to age 75. To determine the Potential Years of Productive Life Lost (PYPLL), deaths within the workforce age range (15-64 years) were specifically considered. The cost of lost productivity due to air pollution was then calculated by multiplying PYPLL by per capita GDP and applying a discount rate of 5.8%.

### **Findings**

53,000 deaths in Iran in 2019 were attributed to air pollution. Of these, approximately 29,000 deaths were among men, meaning that 55 percent of air pollution-related deaths occurred in men and 45 percent in women. Air pollution accounted for 13.6 percent of all male deaths and 14.4 percent of all female deaths in 2019.

In 2019, approximately 414,000 premature life years were lost due to air pollution-related deaths in Iran, with 266,000 of those years occurring among men. This produced a sex ratio of 1.8 for premature life years lost. Air pollution caused 142,856 years of productive life lost for both sexes in 2019. A notable gender difference emerged: men lost 98,164 years (69 percent) of productive life, compared to 44,692 years (31 percent) for women.

The economic costs were calculated using different discount rates. At a discount rate of 8.5 percent, the cost of lost productivity due to air pollution for both genders was \$215 million, including approximately \$147 million for men and \$67 million for women. At a 3 percent discount rate, costs rose to \$222 million for men and \$100 million for women. At a zero percent discount rate, costs increased to \$376 million for men and \$171 million for women. Finally, at an 8.5 percent discount rate, air pollution-related deaths represented 0.046 percent of GDP for men and 0.021 percent for women.

### **Discussion and Conclusion**

In this study, the total mortality costs from air pollution were significantly higher for men than for women. This difference can be explained by two primary factors: men's higher mortality rate and greater employment participation in Iran. Since the same GDP per capita was used for everyone in the calculation, the disparity cannot be explained by wage differences between men and women. Instead, it is likely due to the greater exposure of men to outdoor environments. Another important finding relates to the increase in air pollution-related deaths, particularly after age 45. This may indicate a weakening of the immune system with advancing age, suggesting a need for special attention from policymakers to this age group.

On the other hand, the Health System Vision Document for 2025 sets an ambitious goal for Iran: achieving the highest population health and building the most equitable, advanced health system in the region. To achieve this goal, it is essential to take proactive measures to protect public health by controlling and reducing air pollution as a critical environmental risk factor. Managing and reducing environmental pollutants to mitigate health consequences is a core responsibility of the government.

### **Acknowledgment**

This article is an excerpt from the research project "Demographic-Economic Effects of Deaths Due to Air Pollution in Iran," conducted in 2023 at the National Institute for Population Research. The author gratefully acknowledges the Institute's support in carrying out this research.

مقاله پژوهشی

## هزینه‌های اقتصادی مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا در ایران

محمد ساسانی‌پور\* 

استادیار جمعیت‌شناسی، موسسه تحقیقات جمعیت کشور، تهران، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله

آلودگی هوا نه تنها یک خطر بزرگ برای سلامتی است، بلکه هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی به دنبال دارد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم پزشکی و همچنین کاهش بهره‌وری ناشی از عوارض ناشی از آلودگی هوا و مرگ‌ومیر زودرس است. در این مطالعه تلاش شد تا با استفاده از رویکرد سرمایه انسانی و روش سال‌های از دست رفته زندگی مولد بالقوه و هزینه بهره‌وری از دست رفته، هزینه‌های ناشی از کاهش بهره‌وری متأثر از مرگ‌ومیر زودرس ناشی از آلودگی هوا در ایران در سال ۱۳۹۸ محاسبه شود. داده‌های مورد استفاده، مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا بر حسب سن و جنس در ایران برای سال ۱۳۹۸ بود که توسط مطالعه جهانی بار بیماری‌ها (۲۰۱۹) منتشر شده است. نتایج مطالعه حاکی از این است که در سطح نرخ تنزیل ۵/۸ درصد، مجموع هزینه بهره‌وری از دست رفته، معادل ۲۹۳ میلیون دلار است که این رقم برای مردان حدود ۲۰۱ میلیون دلار و برای زنان حدود ۹۲ میلیون دلار محاسبه شده است. هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا برای مردان بسیار بیشتر از زنان برآورد شده است. با توجه به این‌که برای تمامی افراد از سرانه تولید ناخالص یکسانی استفاده شده است، تفاوت به‌دست آمده را نمی‌توان به تفاوت دستمزد مرد و زن نسبت داد؛ بلکه احتمالاً این تفاوت ناشی از حضور بیشتر مردان در فضای باز و قرارگیری بیشتر در معرض آلودگی می‌باشد و همچنین مرگ‌ومیر بالاتر مردان در سنین بهره‌وری و فعالیت، از دیگر عواملی است که باید برای تبیین این اختلاف بدان اشاره نمود.

دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲  
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۹  
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

### واژگان کلیدی:

بار اقتصادی،  
بهره‌وری،  
مرگ‌ومیر،  
آلودگی هوا،  
ایران.

### مقدمه و بیان مسئله

آلودگی هوا با توجه به پیامدهای زیان‌بار آن، به یکی از ملموس‌ترین معضلات محیط زیستی در بیشتر کشورهای جهان از جمله ایران تبدیل شده است و به دلیل سرعت افزایش نسبت شهرنشینی، چالشی است که به سرعت در حال گسترده‌تر شدن است. مطابق آمار ارائه شده توسط موسسه اثرات سلامت<sup>۱</sup> (۲۰۲۵)، آلودگی هوا در سال ۲۰۲۱ منجر به مرگ بیش از ۸/۱ میلیون نفر شده است و در صورتی که بتوان داده‌های بهداشتی جامع‌تری تولید کرد - به‌ویژه اگر همه عوامل خطر مواد شیمیایی در محیط، شناسایی و تجزیه و تحلیل شوند - بدون شک کل اثرات آلودگی بر سلامت بیشتر خواهد بود (Parvez, 2021). فراتر از این مرگ‌ومیرها، آلودگی هوا

<sup>1</sup> Health Effects Institute

\*نویسنده مسئول: ساسانی‌پور. استادیار جمعیت‌شناسی، موسسه تحقیقات جمعیت کشور، تهران، ایران.

رایانامه: [mohammadsasanipour@nipr.ac.ir](mailto:mohammadsasanipour@nipr.ac.ir)

استناد به این مقاله: ساسانی‌پور، محمد (۱۴۰۴). هزینه‌های اقتصادی مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا در ایران. نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران، ۲۰(۳۹)، ۱۶۷-۱۸۳.

<https://doi.org/10.22034/jpai.2025.2049496.1393>

باعث شده تا میلیون‌ها نفر دیگر دچار بیماری‌های مزمن شوند که به نوبه خود فشارهای زیادی را بر سیستم‌های مراقبت بهداشتی و اقتصادی جوامع وارد می‌کند (Institute for Health Metrics and Evaluation, 2025). به علاوه، در سال ۲۰۱۹، ۹۹ درصد از جمعیت جهان در مکان‌هایی زندگی می‌کردند که کیفیت هوای منطبق بر دستورالعمل‌های سازمان جهانی بهداشت تامین نشده بود (World Health Organization, 2024). از سوی دیگر، آلودگی هوا دارای ماهیتی متفاوت از سایر عوامل خطر سلامتی است، زیرا به‌ویژه برای افرادی که در مکان‌های آلوده زندگی می‌کنند اجتناب از آن غیرممکن است. به عبارت دیگر، درحالی‌که می‌توان سیگار را ترک کرد یا اقدامات احتیاطی در برابر بسیاری از بیماری‌ها انجام داد، همه افراد هوای آلوده را تنفس می‌کنند.

درحالی‌که آزون به عنوان یک سد محافظ در برابر اشعه ماوراء بنفش عمل می‌کند، در غلظت‌های بالا در سطح زمین دارای پیامدهای منفی است و به سیستم تنفسی و قلبی-عروقی آسیب می‌رساند. همچنین، اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، ترکیبات آلی فرار، دی‌وکسین‌ها و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای همگی به عنوان آلاینده‌های هوا طبقه‌بندی می‌شوند که می‌توانند برای سلامتی انسان خطرناکی ایجاد کنند (Manisalidis, 2020). ذرات معلق، متشکل از ذرات ریز با قطره‌های مختلف، از طریق استنشاق وارد دستگاه تنفسی می‌شوند و باعث بیماری‌های تنفسی و قلبی-عروقی، اختلال در سیستم تولید مثل و عصبی و حتی بروز سرطان می‌شوند (Manisalidis, 2020؛ ساری‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۳، آلودگی هوا و ذرات معلق آن را به عنوان ترکیبات سرطان‌زا برای انسان طبقه‌بندی کرده است (آهنگری و همکاران، ۱۳۹۵) از سوی دیگر، قرار گرفتن در معرض آلاینده‌های هوا ارتباط نزدیکی با بیماری ریوی، سرفه، تنگی نفس، خس خس سینه، آسم، بیماری‌های تنفسی و میزان بالای بستری در بیمارستان دارد (Bala, 2021).

مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا منجر به از دست رفتن درآمد و همچنین پیامدهای نامطلوب اجتماعی - اقتصادی مختلف می‌شود و این اثرات هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. بنابراین آلودگی هوا نه تنها یک خطر بزرگ برای سلامتی است، بلکه هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی به دنبال دارد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم پزشکی و همچنین کاهش بهره‌وری ناشی از عوارض ناشی از آلودگی هوا و مرگ‌ومیر زودرس است (بیات و همکاران، ۱۳۹۹). لذا، ارزش‌گذاری پولی سال‌های مختلف زندگی انسان به یکی از مهم‌ترین عوامل ضروری در ارزیابی اقتصادی سیاست‌ها و مداخلات سلامت تبدیل شده که می‌تواند مزایای بالقوه سلامتی و اقتصادی کاهش آلودگی هوا، شدت مشکل و هزینه‌های تحمیل شده بر جامعه و کشور را به خوبی نشان دهد. بنابراین، پذیرش این دیدگاه غالب که ارزش جان انسان‌ها را نمی‌توان با پول محاسبه کرد، تحلیل دقیق سیاست‌های تأثیرگذار بر زندگی افراد را غیرممکن خواهد کرد (Basakha et al., 2021).

ایران نیز همانند سایر کشورهای در حال توسعه با مشکلات ناشی از آلودگی هوا مواجه است. آلودگی هوا در بسیاری از شهرهای ایران به سطوح خطرناکی رسیده است، به طوری‌که غلظت برخی از آلاینده‌ها در کلان‌شهرهای ایران سه برابر بیشتر از استانداردهای ملی و دستورالعمل کیفیت هوای سازمان جهانی بهداشت است (Heger & Sarraf, 2018). طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت، درحالی‌که آلودگی هوا چهارمین عامل مرگ در دنیا برآورد شده، در سال ۲۰۱۵ میزان مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در ایران در بالاترین رتبه جهانی قرار داشته و بیش از ۳۵ میلیون نفر از جمعیت ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (بهلولی و ملک‌افضلی، ۱۳۹۸). این مهم باعث شده تا برخی مطالعات ملی، اثرات نامطلوب آلودگی هوا بر سلامت ایرانیان را بررسی کنند (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۹) و برخی مطالعات بار اقتصادی آلودگی هوا در ایران را برآورد کرده‌اند (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸؛ بیات و همکاران، ۱۳۹۹). با این حال، این مطالعات عمدتاً محدود به کلان‌شهرها به ویژه شهر تهران بوده است. بنابراین، این مطالعه در تلاش است تا با استفاده از رویکرد سرمایه انسانی<sup>۱</sup>، هزینه‌های بهره‌وری از دست رفته<sup>۲</sup> بر اثر مرگ‌ومیر زودرس ناشی از آلودگی هوا در ایران در سال ۱۳۹۸ را محاسبه کند. شایع‌ترین رویکرد استفاده شده برای محاسبه بهره‌وری از دست رفته در مطالعات هزینه بیماری‌ها، رویکرد سرمایه انسانی است که در بسیاری از مطالعات اقتصادی و بهداشتی در جهان به کار گرفته می‌شود. این رویکرد، ارزیابی‌های اقتصادی هزینه‌ها و مزایای درمان‌ها و خدمات جدید را مقایسه می‌کند و به‌طور فزاینده‌ای برای تصمیم‌گیری درباره نحوه تخصیص منابع مراقبت‌های بهداشتی کاربرد دارند.

<sup>1</sup> Human Capital

<sup>2</sup> Cost of Productivity Lost

## مبانی نظری

بیش از چهار دهه از برآورد ارزش اقتصادی سال‌های زندگی آماری انسان می‌گذرد و محققان در زمینه‌های مختلف از جمله بیمه عمر، آموزش، حقوق و سلامت ارزش اقتصادی سال‌های زندگی را محاسبه کرده‌اند (Basakha et al., 2021). رویکرد سرمایه انسانی روش سنتی ارزش‌گذاری هزینه‌های بهره‌وری از دست رفته برای ارزیابی اقتصادی است. سرمایه انسانی را می‌توان به عنوان دانش، مهارت‌ها، شایستگی‌ها و ویژگی‌های تجسم یافته در افراد در نظر گرفت که تسهیل‌کننده رفاه شخصی، اجتماعی و اقتصادی است (The Organisation for Economic Co-operation and Development, 2001). مفهوم سرمایه انسانی به فعالیت‌های آدام اسمیت<sup>۱</sup> در قرن هجدهم باز می‌گردد، اما تا حدود دهه ۱۹۶۰ - زمانی که اقتصاددانان شروع به استفاده از آن برای بررسی تفاوت‌های درآمد و رشد اقتصادی کردند، این مفهوم به‌طور گسترده به رسمیت شناخته نمی‌شد (Mincer, 1974; Becker, 1964). در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، سرمایه انسانی اهمیت خود را هم در چارچوب حسابداری رشد نئوکلاسیک و مدل‌های رشد درون‌زا<sup>۲</sup> به‌دست آورد و به‌طور منظم در مطالعات حسابداری توسعه به کار گرفته شد (Hall & Jones, 1999).

**ویزبرود<sup>۳</sup> (۱۹۶۱)** یکی از اولین کاربران این روش در زمینه ارزیابی مراقبت‌های بهداشتی بود. از نظر تاریخی، رویکرد سرمایه انسانی روشی است که اغلب برای برآورد هزینه‌های بهره‌وری استفاده می‌شود. این روش بر تأثیر مراقبت‌های بهداشتی بر زمان از دست دادن کار، چه از طریق بیماری یا مرگ برای فردی که تحت درمان است، تمرکز دارد. به‌طور کلی، زمان کار با توجه به دستمزد ناخالص ارزش‌گذاری می‌شود. در چارچوب رویکرد سرمایه انسانی و نظریه اقتصادی نئوکلاسیک<sup>۴</sup> فرض می‌شود که افراد و بنگاه‌ها به دنبال به حداکثر رساندن مطلوبیت و سود خود از فعالیت‌هایی هستند که در آن درگیرند. از دیدگاه بنگاه، با استخدام کارکنان اضافی با مهارت‌های مشابه، ارزش تولید بنگاه افزایش می‌یابد اما به میزان کمتر. فرض بر این است که سهم هر کارگر اضافی در کل تولید کاهش می‌یابد، زیرا کارگران بیشتری استخدام می‌شوند (Tan, 2014). تا زمانی که دستمزد ناخالص پرداخت شده توسط شرکت کمتر از سهم تولید کارگر اضافه شده باشد، شرکت می‌تواند با به کارگیری کارگران بیشتر، سود بیشتری نیز کسب کند. از سوی دیگر، اگر دستمزد ناخالص بیشتر از سهم کارگر باشد، بنگاه نرخ اشتغال خود را کاهش می‌دهد. به عبارت دیگر، بر اساس رویکرد حداکثرسازی سود، استخدام کارگران تا جایی تداوم دارد که سهم نهایی آنها در تولید برابر با دستمزد ناخالص باشد. این استدلال مبنای استفاده از دستمزد ناخالص به عنوان ارزش تولید از دست رفته در زمان غیبت از کار را تشکیل می‌دهد (Pritchard & Sculpher, 2000).

در رویکرد سرمایه انسانی، هر فرد به عنوان جریانی از تولید در نظر گرفته می‌شود که بر اساس درآمد خود ارزش‌گذاری می‌شود. بیماری و مرگ نیروی کار یک منبع اقتصادی با ارزش را از بین می‌برد زیرا باعث از دست دادن زمان و اثربخشی کار و سایر فعالیت‌های تولیدی می‌شود. در این رویکرد، سود مورد انتظار تنزیل شده مادام‌العمر مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده ارزش اقتصادی سال زندگی آماری<sup>۵</sup> است (Viscusi, 2008). در رویکرد سرمایه انسانی، ارزش زندگی هر فرد به درآمدهای بالقوه او در آینده بستگی دارد (Basakha et al., 2021). معمولاً در این روش، درآمد مورد انتظار افراد با استفاده از نرخ تنزیل به ارزش فعلی تبدیل می‌شود. پارامتری که برای اجرای رویکرد سرمایه انسانی بسیار مهم است، انتخاب یک نرخ تنزیل اجتماعی مناسب است. این نرخ، نقش اساسی در تبدیل سود آتی به ارزش فعلی دارد.

اندازه‌گیری سرمایه انسانی می‌تواند اهداف بسیاری را برآورده نماید. زیرا سرمایه انسانی شاخصی کلیدی از پتانسیل فعلی و آینده یک کشور و افراد آن است. در بیشتر کشورها، سرمایه انسانی بزرگترین شکل ثروت است. در کشورهایی که منابع طبیعی بزرگترین شکل ثروت هستند، سرمایه انسانی اغلب منبع ثروت در حال رشد است (Lange et al., 2018). کشورهایی که جمعیت نسبتاً جوانی دارند، در مقایسه با کشورهای با جمعیت مسن‌تر می‌توانند در درازمدت مزایای قابل توجهی کسب کنند. در چارچوب رویکرد توسعه پایدار، سرمایه انسانی می‌تواند برای سنجش میزان مدیریت کل ثروت ملی یک کشور با هدف ارزیابی پایداری بلندمدت آن مورد استفاده قرار گیرد.

<sup>1</sup> Smith

<sup>2</sup> Neoclassical growth accounting and endogenous growth models

<sup>3</sup> Weisbrod

<sup>4</sup> Neoclassical economic theory

<sup>5</sup> Economic value of statistical life year

با روش سرمایه‌انسانی، هزینه‌های بهره‌وری ناشی از مرگ‌ومیر با دستمزد ناخالص از دست رفته در طول دوره زمانی از سن مرگ تا سن معمول بازنشستگی اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین، با سن احتمالی ۶۵ سالگی بازنشستگی در آینده، مزیت مداخله‌ای که سلامتی کامل را به فردی که در غیر این صورت در سن ۲۵ سالگی فوت می‌کرد، باز می‌گرداند، ارزش فعلی کل درآمد ناخالصی است که انتظار می‌رود طی ۴۰ سال آینده به دست آید (Darba & Marsà, 2020). سن بازنشستگی برای همه افراد یکسان نیست، بلکه به ترتیبات بازنشستگی خصوصی و دولتی آنها بستگی دارد. همان‌طور که لیلجاس<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) اشاره می‌کند، رویکرد سرمایه‌انسانی همچنین قادر است زمان از دست رفته ناشی از کار بدون دستمزد را با استفاده از نرخ دستمزد ناخالص به دست آمده توسط افرادی که کار مشابهی را بر اساس دستمزد انجام می‌دهند، ارزش‌گذاری کند. بنابراین، ارزش زمان از دست رفته برای مراقبت از یک خویشاوند بیمار را می‌توان با دستمزد ناخالص یک دستیار مراقبت ارزیابی کرد (Pritchard & Sculpher, 2000).

### پیشینه تحقیق

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه هزینه‌های اقتصادی مرگ‌ومیر در کشور انجام شده است که عمدتاً متمرکز بر علل اصلی مرگ است. از جمله این مطالعات می‌توان به **حصاری و اسمعیلی (۱۳۸۳)**، **خراسانی و همکاران (۲۰۱۵)**، **نجفی و همکاران (۲۰۱۶)**، **سپندی و همکاران (۲۰۱۹)**، **کولیوند و همکاران (۲۰۲۴)**، **نهیوجلو و همکاران (۲۰۲۲)** و **اسدی و همکاران (۱۳۹۶)** اشاره کرد. از یک سو، مطالعات در حوزه تأثیرات اقتصادی عوامل مرگ‌ومیر از جمله آلودگی هوا در کشور کم‌شمار است و از سوی دیگر، مطالعات انجام شده عمدتاً مربوط به کلان‌شهرها و به ویژه شهر تهران است که در ادامه به برخی از مهمترین آن اشاره می‌شود.

**مطالعه صوفی و همکاران (۲۰۲۳)**، به برآورد سال‌های از دست رفته عمر مولد بالقوه و هزینه از دست رفته بهره‌وری ناشی از مرگ‌ومیر زودرس ناشی از PM2.5، در ایران پرداخت. در این مطالعه از رویکرد سرمایه‌انسانی برای تخمین هزینه‌های اقتصادی ناشی از مرگ‌ومیر زودرس ناشی از PM2.5، بین سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۶ استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد که مرگ‌ومیر مربوط به PM2.5 محیطی منجر به ۳/۸ میلیون سال از دست رفته عمر مولد بالقوه شد که ۶۸ درصد آن برای مردان بود. مجموع بهره‌وری از دست رفته ناشی از مرگ‌های مرتبط با PM2.5 برای دوره مورد مطالعه، ۵/۶ میلیارد دلار آمریکا بود. کاهش بهره‌وری برای مردان بیشتر از زنان بود. همچنین بهره‌وری از دست رفته از ۱۱۹ میلیون دلار در سال ۲۰۰۱ به ۴۹۱ میلیون دلار در سال ۲۰۱۶ افزایش یافت.

**بیات و همکاران (۱۳۹۹)** خسارت‌های ناشی از آلودگی هوای تهران بر سلامت شهروندان، طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ برآورد کردند. یافته‌های مطالعه نشان داد که بر اساس سناریوی کاهش میانگین سالیانه PM2.5 و رسیدن به غلظت حداقل ۴/۲  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ، تعداد ۳۷۷ مرگ زودرس بزرگسالان در سال ۱۳۹۶ را می‌توان به آلودگی هوا نسبت داد. این برآورد برای سال ۱۳۹۷ برابر با ۴۱۸ مرگ است. همچنین، ارزش زندگی آماری برای کشور برابر ۳۸۱۲۱۲ دلار به دست آمد. از سوی دیگر، با استفاده از رویکرد ارزش زندگی آماری، سطوح آلودگی PM2.5 تهران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، خسارت ۳/۱ و ۲/۷ میلیارد دلار در سال را نسبت به پایین‌ترین سطح آلودگی ایجاد کرده است.

**کیانی و همکاران (۱۳۹۳)** مطالعه‌ای با هدف تفکیک آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر، برآورد تعداد مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا، محاسبه کشش بلندمدت مرگ‌ومیر نسبت به آلودگی هوا و در نهایت برآورد هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در اصفهان انجام دادند. نتایج نشان داد که سطح آلودگی هوا در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌طور معناداری با تعداد روزانه مرگ‌ومیر ارتباط دارد. آلودگی هوا در این شهر به افزایش سالانه ۵۱۲ مورد مرگ‌ومیر منجر شده است. کشش بلندمدت مرگ‌ومیر نسبت به آلودگی هوا ۰/۱۲۳ درصد است، به عبارت دیگر، با افزایش ۱ درصد در شاخص کیفیت هوا، میزان مرگ‌ومیر در بلند مدت ۰/۱۲۳ درصد افزایش می‌یابد. همچنین، هزینه سالانه مرگ ناشی از آلودگی هوا ۳۴۶ میلیارد ریال برآورد شد. در مطالعه **حسینی و مزرعتی (۱۳۸۳)** هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بر سلامت ساکنان تهران در سال ۱۳۸۰ بر اساس روش بیمه عمر حدود ۶/۵ میلیارد ریال و بر اساس روش درآمد، ۴۵۸ میلیارد ریال برآورد شد. همچنین پیش‌بینی شد که این هزینه‌ها به قیمت‌های اسمی به بیش از ۹۰۰۰ میلیارد ریال در سال ۱۳۹۰ افزایش یابد.

<sup>1</sup> Liljas

حجازی و تونی (۱۳۹۶) میزان هزینه‌های خارجی ناشی از آلودگی هوای کلان شهر کرج در سال ۱۳۹۵ برای آلاینده‌های CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM برآورد کردند. نتایج نشان داد که هزینه‌های خارجی ناشی از آلودگی هوای چهار آلاینده ذکر شده برای شهر کرج در سال ۱۳۹۵ مبلغی در حدود ۷/۷۲۵ هزار میلیارد ریال (براساس قیمت‌های ثابت ۱۳۸۱) می‌باشد. بیشترین هزینه خارجی از دیدگاه سوخت مصرفی مربوط به فرآورده نفت گاز با سهم ۸۴/۰۶ درصد می‌باشد. **هادیان و همکاران (۲۰۲۰)** مطالعات انجام شده در زمینه بار اقتصادی مرگ و اختلال در سلامتی ناشی از آلودگی هوا در شهر تهران را با روش مرور نظام‌مند<sup>۱</sup> مورد بررسی قرار دادند. در ۶ مطالعه انتخاب شده، بار اقتصادی مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا بین ۳۱۶ تا ۲۶۳۰ میلیون دلار برآورد شد. همچنین بار اقتصادی اختلال در سلامتی و ناتوانی ناشی از آلودگی هوا بین ۲۳۶ تا ۵۴۶ میلیون دلار برآورد شد.

## روش پژوهش و داده‌ها

در این مطالعه، داده‌های مرگ ناشی از آلودگی هوا بر حسب سن و جنس در ایران برای سال ۱۳۹۸، از مطالعه جهانی بار بیماری‌ها<sup>۲</sup> اخذ شده است. بر اساس این مطالعه، آلودگی ذرات معلق، آلودگی هوای خانگی ناشی از سوخت جامد، آلودگی ازن سطحی و آلودگی دی اکسید کربن در طبقه عوامل خطر آلودگی هوا قرار دارند (Institute for Health Metrics and Evaluation, 2024). این مطالعه هزینه بهره‌وری از دست رفته مرگ‌های زودرس ناشی از آلودگی هوا در ایران را برآورد کرده است. اگرچه هزینه بهره‌وری از دست رفته را می‌توان به دو زیرگروه شامل هزینه مرگ‌ومیر و ناتوانی تقسیم کرد؛ اما در این مطالعه، فقط بر هزینه از دست رفته بهره‌وری به دلیل آلودگی هوا تمرکز شده است. هزینه بهره‌وری از دست رفته با استفاده از رویکرد سرمایه انسانی اندازه‌گیری شده است. همان‌طور که پیش از این توضیح داده شد، این رویکرد روشی برای محاسبه هزینه غیرمستقیم ناشی از کاهش بهره‌وری است. فرض می‌شود ارزش پولی زیان‌های بهره‌وری در رویکرد سرمایه انسانی، که می‌تواند ناشی از بیماری یا مرگ زودرس باشد، معادل ارزش دستمزد در غیاب کار است (Setiawan et al., 2024).

برای تعیین سال‌های باقیمانده زندگی در سنی که افراد بر اثر آلودگی هوا فوت می‌کنند، نیاز به شاخص امید زندگی است که در این مطالعه، ۷۵ سال در نظر گرفته شده است (Kozierkiewicz et al., 2016) که منطبق با رقم امید زندگی در کشور طی سالیان اخیر نیز است (ساسانی پور، ۱۴۰۳). منطق محاسبه شاخص سال‌های از دست رفته زندگی بالقوه برای یک عامل خطر مانند آلودگی هوا، ضرب مجموع تعداد مرگ‌ومیر در هر سن (بین ۰ تا ۷۵ سال) در سال‌های باقی مانده زندگی تا ۷۵ سالگی است. بنابراین، ابتدا تعداد فوت شدگان بر حسب گروه‌های سنی پنج ساله و میانگین فوت در هر گروه سنی محاسبه می‌شود، پس از آن، نقطه میانی هر گروه سنی از ۷۵ سال کم می‌شود و این تفاوت در تعداد مرگ در هر گروه سنی ضرب می‌شود که نتیجه نشان‌دهنده تعداد تخمینی سال‌های از دست رفته زندگی به دلیل علت خاص مرگ است. لذا، از فرمول زیر برای محاسبه سال‌های از دست رفته زندگی بالقوه استفاده می‌شود:

$$YPLL = \sum_{i=0}^{76} a_i d_i = \sum_{i=0}^{76} (76 - i - 0.5) d_i$$

در این فرمول،  $a_i$  سال‌های باقی‌مانده تا رسیدن به بالاترین محدوده سنی است.  $d_i$  تعداد مرگ بین سن  $i$  و  $i + 1$  سال است. برای محاسبه زیان‌های اقتصادی ناشی از مرگ‌های زودرس در مقطع مورد مطالعه، از روش سال‌های از دست رفته زندگی مولد بالقوه (YPPLL) و هزینه بهره‌وری از دست رفته (GPL) استفاده می‌شود:

$$YPPLL = \sum_{i=0}^{76} W_i d_i = \sum_{i=0}^{76} (65 - i - 0.5) d_i$$

در فرمول بالا،  $W_i$  تعداد سال‌های باقی‌مانده تا رسیدن به بالاترین محدوده سنی در نظر گرفته می‌شود (در هنگام وقوع مرگ بین سن  $z$  و  $z + 1$  سال) و  $d_i$  تعداد مرگ‌ومیر بین سن  $z$  و  $z + 1$  سال است، با این فرض که همه مرگ‌ومیرها در اواسط سال رخ می‌دهد.  $z$  میانگین سن در گروه‌های سنی ۵ ساله برای جمعیت مولد (۱۵ تا ۶۴ سال) و ۶۵ سن بازنشستگی است.

<sup>1</sup> Systematic Review

<sup>2</sup> Global Burden of Diseases

$$CPL = \sum_{j=1}^j YPPLL \times GDP_{per\ capita}$$

در این فرمول، GDP معادل سرانه تولید ناخالص داخلی برای سال ۱۳۹۸ است که از بانک جهانی استخراج شده است و معادل ۳۸۳۰ دلار است (World Bank, 2024).

برای تعیین ارزش فعلی هزینه بهره‌وری از دست رفته، از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$PV = \sum_{t=0}^{T-1} CPL(1+r)^{-t}$$

در اینجا، PV، ارزش فعلی، CPL ارزش آتی، r نرخ تنزیل، t میانگین تعداد سال‌های باقی‌مانده برای رسیدن به بالاترین محدوده سنی در نظر گرفته می‌شود.

ارزش‌های آتی با اعمال نرخ تنزیل<sup>۱</sup> زمانی اجتماعی محاسبه شده برای ایران، محاسبه می‌شود. امروزه بسیاری از اقتصاددانان، نرخ تنزیل زمانی اجتماعی را در ارزیابی پروژه‌های عمومی مورد استفاده قرار می‌دهند. نرخ‌های تنزیل برای کشورهای در حال توسعه به طرز قابل توجهی بالاتر از این نرخ‌ها برای کشورهای توسعه‌یافته است و این نرخ‌ها برای این کشورها در بازه ۴ تا ۱۴ درصد قرار می‌گیرد در حالی که برای کشورهای توسعه‌یافته در بازه مقداری ۲ تا ۹ درصد قرار دارد. در این مطالعه، از نرخ تنزیل اجتماعی محاسبه شده توسط دانشمند و همکاران (۲۰۱۸) که برابر با ۵/۸ درصد گزارش شده، استفاده شده است. نرخ تنزیل برای تبدیل مقادیر آتی به ارزش حال ضروری است. شایان توجه است که نرخ تنزیل زمانی اجتماعی هر چه مقدار بالاتری داشته باشد، نشان از این دارد که افراد برای زمان حال ارزش بیشتری قائل هستند و به همین دلیل ارقام آتی را با نرخ بالاتری تنزیل می‌نمایند. بالاتر بودن این نرخ در کشورهای در حال توسعه، منجر به کاهش ارقام محاسبه شده در مقایسه با کشورهایی خواهد شد که نرخ‌های تنزیل کمتری دارند.

## یافته‌ها

براساس داده‌های مطالعه جهانی بار بیماری‌ها، ۵۳ هزار مورد از کل مرگ‌ومیر رخ داده در کشور در سال ۱۳۹۸، منتسب به آلودگی هوا است. از این تعداد، حدود ۲۹ هزار مرگ مربوط به مردان است؛ بدین معنی که ۵۵ درصد مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا در مردان و ۴۵ درصد در زنان کشور رخ داده است. همان‌طور که ارقام مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد، میزان مرگ ناشی از آلودگی هوا در کشور ۶۴ در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت محاسبه شده است. همچنین آلودگی هوا، به ترتیب عامل ۱۳/۶ درصد و ۱۴/۴ درصد از کل مرگ‌ومیر مردان و زنان کشور در سال ۱۳۹۸ بوده است.

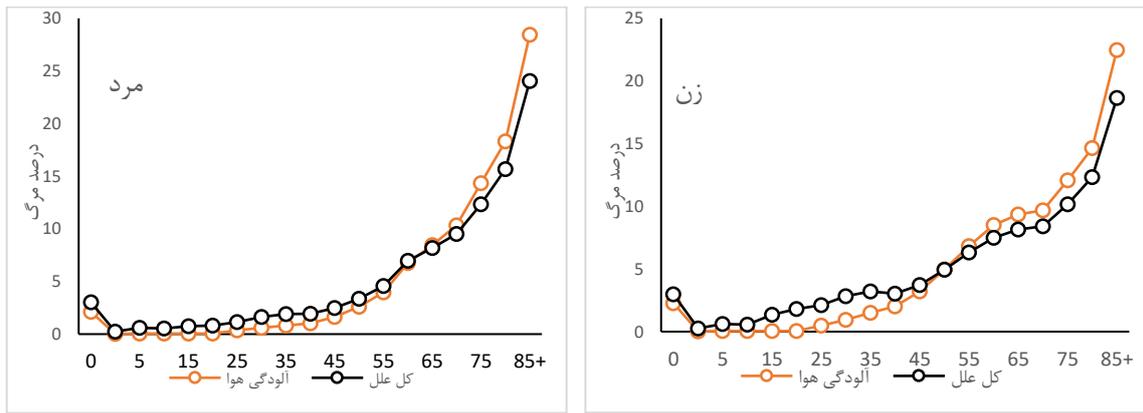
جدول ۱. تعداد، میزان و سهم درصدی مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در کشور بر حسب جنس، ۱۳۹۸

جنس	تعداد	میزان	درصد از کل مرگ
مرد	۲۹۵۰۵	۶۹/۹	۱۳/۶
زن	۲۳۵۶۴	۵۷/۷	۱۴/۴
دوجنس	۵۳۰۶۹	۶۳/۹	۱۳/۹

منبع: محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار ۱ آمده است، الگوی سنی مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا در کشور و در هر دو جنس تفاوت قابل توجهی با الگوی سنی کل مرگ ندارد. درصد مرگ ناشی از آلودگی هوا همانند کل مرگ در زیر یک‌سالگی بالاتر از سنین بعدی است. از سوی دیگر، درصد مرگ ناشی از آلودگی هوا به ویژه از ۴۵ سالگی به بعد به شدت افزایش می‌یابد و در سنین پایانی به بالاترین رقم می‌رسد.

<sup>1</sup> Discount Rate



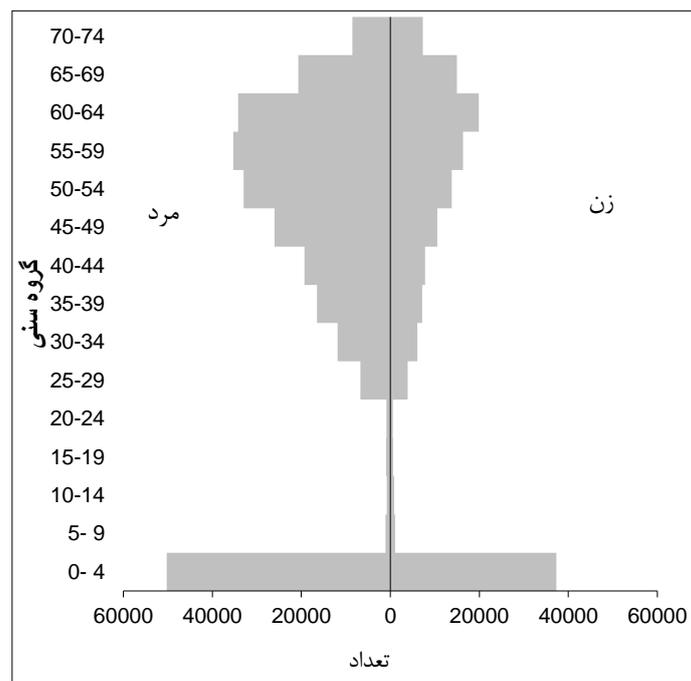
نمودار ۱. الگوی سنی مرگ ناشی از آلودگی هوا مردان و زنان کشور ۱۳۹۸

بر اساس ارقام جدول ۲، در سال ۱۳۹۸ حدود ۴۱۴ هزار سال عمر از دست رفته زودرس ناشی از مرگ‌های متناسب به آلودگی هوا در کشور رخ داده است که از این تعداد ۲۶۶ هزار سال آن مربوط به مردان کشور است؛ این بدین معنی است که نسبت جنسی سال‌های عمر از دست رفته زودرس ناشی از این عامل مرگ،  $\frac{1}{8}$  است. میزان سال‌های عمر از دست رفته زودرس ناشی از آلودگی هوا در کشور برای مردان و زنان به ترتیب ۶۳۱ و ۳۶۳ در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت محاسبه شده است. این ارقام نشان می‌دهد که هم در سطح مردان و هم زنان،  $\frac{8}{5}$  درصد از کل سال‌های عمر از دست رفته زودرس ناشی از مرگ‌ها به علت آلودگی هوا است.

جدول ۲. سال‌های عمر از دست رفته زودرس ناشی از آلودگی هوا بر حسب جنس در کشور، ۱۳۹۸

جنس	تعداد	میزان	درصد از کل مرگ
مرد	۲۶۶۰۶۰	۶۳۱	$\frac{8}{5}$
زن	۱۴۸۱۱۲	۳۶۳	$\frac{8}{5}$
دوجنس	۴۱۴۱۷۲	۴۹۹	$\frac{8}{5}$

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۲. الگوی سنی سالهای عمر از دست رفته زودرس ناشی از آلودگی هوا در کشور ۱۳۹۸

هرم سنی سال‌های عمر از دست رفته زودرس ناشی از آلودگی هوا در کشور که در نمودار شماره ۲ آمده است، بیانگر این است که بیشترین سال‌های عمر از دست رفته در هر دو جنس در سال ۱۳۹۸، مربوط به سنین زیر ۵ سال است. مقدار این شاخص در سنین بعدی تا سن ۲۵ سالگی ناچیز است. از ۲۵ سالگی و با افزایش سن، تعداد سال‌های عمر از دست رفته به شدت افزایش می‌یابد تا اینکه در سنین اوایل سالمندی به اوج خود می‌رسد. همچنین همان‌طور که مشاهده می‌شود، تفاوت قابل توجهی در ارقام این شاخص تقریباً در تمامی سنین (به جز ۵ تا ۲۴ سالگی) بین زنان و مردان وجود دارد و تعداد سال‌های عمر از دست زودرس ناشی از آلودگی هوا در مردان به مراتب بیشتر از زنان است که احتمالاً به دلیل مشارکت بالاتر مردان در بازار نیروی کار و حضور طولانی‌مدت‌تر آنان در محیط‌های آلوده است.

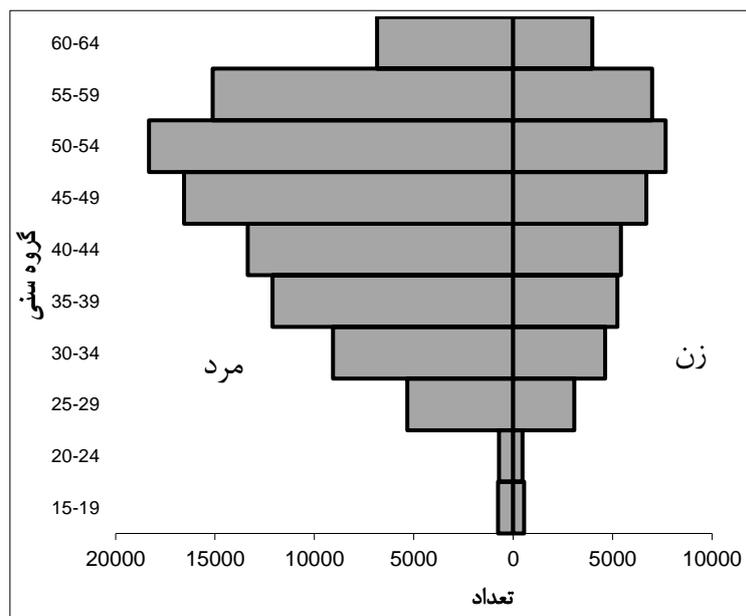
در سال ۱۳۹۸، آلودگی هوا، عامل ۱۴۲۸۵۶ سال عمر از دست رفته تولیدی در هر دو جنس در کشور بوده است. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، تفاوت معنی‌داری بین دو جنس در شاخص مذکور وجود دارد. آلودگی هوا به ترتیب ۹۸۱۶۴ (۶۹ درصد) و ۴۴۶۹۲ (۳۱ درصد) سال عمر از دست رفته تولیدی در مردان و زنان کشور در سال ۱۳۹۸ ایجاد کرده است. درحالی‌که میزان سال‌های عمر از دست رفته تولیدی در مردان ۲۳۳ در هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت بود، این رقم برای زنان کشور ۱۰۹ در ۱۰۰ هزار نفر محاسبه شده است. به علاوه، در هر دو جنس، ۶/۸ درصد از کل سال‌های عمر از دست رفته تولیدی بر اثر مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا بوده است.

جدول ۳. سال‌های عمر از دست رفته زودرس تولیدی ناشی از آلودگی هوا بر حسب جنس در کشور، ۱۳۹۸

جنس	تعداد	میزان	درصد از کل مرگ
مرد	۹۸۱۶۴	۲۳۳	۶/۸
زن	۴۴۶۹۲	۱۰۹	۶/۸
دوجنس	۱۴۲۸۵۶	۱۷۲	۶/۸

منبع: محاسبات تحقیق

الگوی سنی سال‌های عمر از دست رفته تولیدی ناشی از آلودگی هوا در کشور که در نمودار شماره ۳ آمده است نشان می‌دهد که گروه سنی ۱۹-۱۵ سال و ۲۰-۲۴ سال، سهم اندکی از سال‌های تولیدی از دست رفته را شامل شده است. در هر دو جنس بیشترین سال‌های عمر از دست رفته تولیدی مربوط به گروه سنی ۵۴-۵۰ سال است. همچنین در تمامی گروه‌های سنی، ارقام شاخص محاسبه شده برای آلودگی هوا در مردان بیشتر از زنان کشور است.



نمودار ۳. الگوی سنی سال‌های عمر از دست رفته زودرس تولیدی ناشی از آلودگی هوا در کشور ۱۳۹۸

هزینه بهره‌وری از دست رفته ناشی از آلودگی هوا بر حسب جنس در سال ۱۳۹۸ در جدول شماره ۴ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در سطح نرخ تنزیل ۵/۸ درصد، هزینه بهره‌وری از دست رفته برای هر دو جنس ۲۱۵ میلیون دلار است که این رقم برای مردان حدود ۱۴۷ میلیون دلار و برای زنان حدود ۶۷ میلیون دلار محاسبه شده است. همچنین با فرض نرخ تنزیل ۳ درصد، ارقام محاسبه شده به‌طور قابل‌توجهی بیشتر است، به‌طوری‌که رقم محاسبه شده برای مردان و زنان به ترتیب حدود ۲۲۲ میلیون و ۱۰۰ میلیون دلار بود. از سوی دیگر، در سطح نرخ تنزیل صفر درصد، هزینه بهره‌وری از دست رفته ناشی از آلودگی هوا برای مردان و زنان کشور در سال ۱۳۹۸، ۳۷۶ میلیون و ۱۷۱ میلیون دلار محاسبه شد.

در اینجا برای مقایسه ارقام با نرخ تنزیل‌های متفاوت، سه سناریو برای نرخ تنزیل در نظر گرفتیم. عمده مطالعاتی که در ایران در این زمینه انجام شده است، نرخ تنزیل را مشابه مطالعاتی که برای کشورهای اروپایی انجام شده است برابر با ۳ در نظر گرفته‌اند در حالی‌که این نرخ برای کشوری مانند ایران، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با کشورهای توسعه‌یافته خواهد داشت. همان‌طور که پیش از این و در بخش داده‌ها عنوان شد، این نرخ در مطالعه دانشمند و همکاران (۲۰۱۸)، برای ایران برابر با ۵/۸ گزارش شده است. نرخ تنزیل نشان‌دهنده اصلاتی است که افراد برای زمان حال در مقایسه با آینده قائل هستند فلذا هر چه مقدار این نرخ بالاتر باشد به معنای ارزش بالاتر زمان حال برای افراد خواهد بود که در نتیجه آن مقادیر کمتری را برای ارزش‌های منتسب به آینده شاهد خواهیم بود. در نتیجه هر چه مقدار نرخ تنزیل را پایین‌تر در نظر بگیریم، مقادیر بزرگ‌تری را در محاسبات شاهد خواهیم بود.

جدول ۴. هزینه بهره‌وری از دست رفته ناشی از آلودگی هوا در کشور با نرخ تنزیل ۰، ۳ و ۵/۸ درصد بر حسب جنس ۱۳۹۸

	مرد			زن			دوجنس		
	درصد ۰	درصد ۳	درصد ۵/۸	درصد ۰	درصد ۳	درصد ۵/۸	درصد ۰	درصد ۳	درصد ۵/۸
۱۹-۱۵	۲۹۲۰۰۵۶	۷۰۶۶۵۰	۱۹۵۰۲۰	۴۹۸۶۰۶	۱۳۷۶۰۴	۱۳۷۶۰۴	۴۹۸۰۴۲۰	۱۲۰۵۲۵۶	۳۳۲۶۲۴
۲۴-۲۰	۲۷۲۵۴۳۰	۷۶۴۶۰۰	۲۴۱۲۹۷	۱۷۸۳۹۲۹	۵۰۰۴۶۹	۱۵۷۹۴۱	۴۵۰۹۳۵۸	۱۲۶۵۰۶۹	۳۹۹۲۳۷
۲۹-۲۵	۲۰۴۰۵۰۳۸	۶۶۳۶۲۵۲	۲۳۹۴۸۷۱	۱۱۷۷۵۰۶۵	۳۸۲۹۵۵۹	۱۳۸۲۰۰۰	۳۲۱۸۰۱۰۳	۱۰۴۶۵۸۱۱	۳۷۷۶۸۷۰
۳۴-۳۰	۳۴۷۳۰۴۲۹	۱۳۰۹۴۲۸۳	۵۴۰۳۵۹۹	۱۷۷۳۴۱۳۱	۶۶۸۶۲۳۳	۱۷۵۹۱۹۸	۵۲۴۶۴۵۵۹	۱۹۷۸۰۵۱۶	۸۱۶۲۷۹۷
۳۹-۳۵	۴۶۳۸۰۷۰۵	۲۰۲۷۱۹۲۸	۹۵۶۶۱۸۲	۲۰۹۹۳۷۱	۸۷۸۴۹۶۸	۴۱۴۵۵۶۵	۶۶۴۸۰۰۷۶	۲۹۰۵۶۸۹۶	۱۳۷۱۱۷۴۸
۴۴-۴۰	۵۱۱۵۳۲۹۸	۲۵۹۱۸۹۵۴	۱۳۹۸۶۳۱۴	۲۰۷۵۰۶۹۰	۱۰۵۱۴۲۰۳	۵۶۷۳۶۴۵	۷۱۹۰۳۹۸۷	۳۶۴۳۳۱۵۷	۱۹۶۵۹۹۵۹
۴۹-۴۵	۶۳۴۲۷۶۸۵	۳۷۲۵۷۰۸۰	۲۲۹۸۹۸۸۷	۲۵۶۵۳۵۶۷	۱۵۰۶۸۷۶۷	۹۲۹۸۳۴۷	۸۹۰۸۱۲۵۲	۵۲۳۲۵۸۴۷	۳۲۲۸۸۲۳۴
۵۴-۵۰	۷۰۱۷۸۰۶۵	۴۷۷۸۷۸۴۷	۳۳۷۲۰۰۱۱	۲۹۳۳۸۱۴۴	۱۹۹۷۷۸۴۹	۱۴۰۹۶۷۴۹	۹۹۵۱۶۲۰۹	۶۷۷۶۵۶۹۷	۴۷۸۱۶۷۶۰
۵۹-۵۵	۵۷۹۲۵۵۲۴	۴۵۷۲۶۹۴۴	۳۶۸۹۶۴۵۴	۲۶۷۷۹۴۲۲	۲۱۱۳۹۹۲۳	۱۷۰۵۷۵۱۹	۸۴۷۰۴۹۴۶	۶۶۸۶۸۶۷	۵۳۹۵۳۹۷۳
۶۴-۶۰	۲۶۲۲۰۰۲۷	۲۳۹۹۵۰۳۹	۲۲۱۳۹۹۲۴	۱۵۲۴۱۹۵۳	۱۳۹۴۸۵۴۶	۱۲۸۷۰۱۵۰	۴۱۴۶۱۹۸۰	۳۷۹۴۳۵۸۵	۳۵۰۱۰۰۷۴
جمع	۳۷۶۰۶۶۲۵۶	۲۲۲۱۵۹۵۷۷	۱۴۷۵۳۳۵۵۹	۱۷۱۲۱۶۶۳۴	۱۰۰۹۴۹۱۲۱	۶۷۵۷۸۷۱۷	۵۴۷۲۸۲۸۹۰	۳۳۱۰۸۶۹۸	۲۱۵۱۱۲۲۷۷

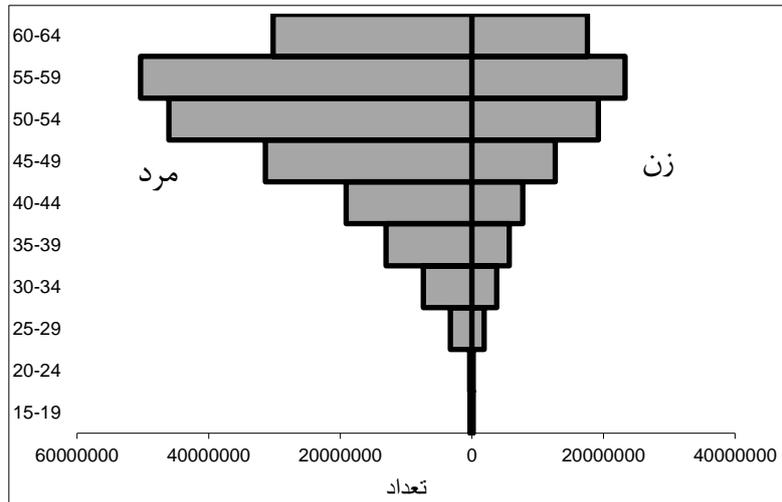
جدول ۵. سهم هزینه بهره‌وری از دست‌رفته (به درصد) ناشی از آلودگی هوا از سرانه تولید ناخالص داخلی سال ۱۳۹۸

	درصد ۰	درصد ۳	درصد ۵/۸
مرد	۰/۱۱۸	۰/۰۷۰	۰/۰۴۶
زن	۰/۰۵۴	۰/۳۰	۰/۰۲۱
دوجنس	۰/۱۷۲	۰/۱۰۰	۰/۰۶۸

همان‌طور که در جدول ۵ هم اشاره شده است، در صورت در نظر گرفتن نرخ تنزیل صفر درصد، مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا، سهمی معادل ۰/۱۷ درصد از تولید ناخالص داخلی کل کشور را شامل می‌شود که این رقم برای مردان و زنان کشور در سال ۱۳۹۸ به ترتیب ۰/۱۲ درصد و ۰/۵۴ درصد است. بادر نظر گرفتن نرخ تنزیل ۳ درصد، هزینه بهره‌وری از دست رفته ناشی از آلودگی

در سطح مردان و زنان کشور ۰/۰۷۰ درصد و ۰/۰۳ درصد محاسبه شده است. نهایتاً، در سطح تنزیل ۵/۸ درصد، مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا به ترتیب ۰/۰۴۶ درصد و ۰/۰۲۱ درصد از کل تولید ناخالص داخلی مردان و زنان کشور را دربر می‌گیرد.

هرم سنی هزینه از دست رفته تولیدی که در نمودار ۴ نمایش داده شده نشان می‌دهد که ارقام شاخص ذکر شده در همه گروه‌های سنی برای مردان بیشتر از زنان است. از سوی دیگر، در هر دو جنس، بیشترین هزینه از دست رفته تولیدی مربوط به گروه‌های سنی ۵۵-۵۹ سال و ۵۰-۵۴ سال و کمترین آن مربوط به گروه‌های سنی ۱۵-۱۹ سال و ۲۰-۲۴ سال بود. این تفاوت‌های مربوط به گروه‌های سنی احتمالاً مرتبط با تاب‌آوری بالاتر افراد در سنین جوانی خواهد بود.



نمودار ۴. الگوی سنی هزینه از دست رفته تولیدی ناشی از آلودگی هوا در کشور ۱۳۹۸

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه برآورد هزینه اقتصادی مرگ‌های زودرس آلودگی هوا در کشور در سال ۱۳۹۸ بود. بار اقتصادی آلودگی هوا عمدتاً با استفاده از رویکردهای مختلف شامل رویکرد سرمایه انسانی، هزینه بیماری، تمایل به پرداخت، روش بیمه و پرداخت غرامت برآورد می‌شود (Panteli & Delipalla, 2021). در این مطالعه از رویکرد سرمایه انسانی برای دستیابی به هدف مطالعه استفاده شده است. این رویکرد عموماً برای محاسبه بار اقتصادی مرگ‌ومیر زودرس ناشی از بیماری‌های غیرواگیر و عوامل خطر آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این رویکرد فرض می‌شود که ارزش پولی تولید از دست رفته در اثر ناتوانی یا مرگ زودرس یک فرد برابر با دستمزد فرد قبل از ناتوانی و مرگ است (بیات و همکاران، ۱۳۹۹). لازم به ذکر است که به منظور به دست آوردن ارزش فعلی هزینه‌های اقتصادی عمدتاً از نرخ تنزیل ۳ درصد استفاده می‌شود که در این مطالعه با توجه به شرایط اقتصادی کشور و همچنین نتایج مطالعات انجام شده از نرخ ۵/۸ درصد استفاده شده است و مقایسه‌ای هم برای نرخ‌های تنزیل مختلف فراهم شده است. از آنجایی که این رویکرد متکی بر درآمد کسب شده توسط فرد است، لذا برخی این انتقاد را بر این رویکرد وارد می‌کنند که این روش ممکن است وزن بیشتری را به جوانان شاغل در مقایسه با سایر گروه‌های سنی بدهد. نکته‌ای که باید مورد توجه قرار گیرد این است که رویکرد سرمایه انسانی تلاش نمی‌کند ارزش زندگی هر فرد را اندازه‌گیری نماید بلکه صرفاً به دنبال محاسبه تولید اقتصادی از دست رفته است.

همان‌طور که اشاره شد، در صورت در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۳ درصد، به سهمی معادل ۰/۱ درصد از تولید ناخالص داخلی برای هزینه بهره‌وری از دست‌رفته ناشی از آلودگی هوا در ایران خواهیم رسید، اما با نرخ تنزیل ۵/۸ درصد، این مقدار به ۰/۰۶ درصد کاهش می‌یابد که این کاهش ناشی از افزایش نرخ تنزیل است. سایر مطالعات انجام شده، متمرکز بر یک شهر خاص به ویژه شهر تهران است و یا بخشی از آلودگی هوا از جمله PM2.5 را پوشش داده‌اند که نتایج آن قابلیت مقایسه با یافته‌های این مطالعه را ندارند. تاثیر اقتصادی آلودگی هوا به عنوان هزینه تولید از دست رفته به دلیل مرگ‌ومیرهای زودرس و عوارض ناشی از آن در هند، ۱/۳۶ درصد از تولید ناخالص داخلی در سال ۲۰۱۹ را شامل شده است. در مطالعه‌ای دیگر در یونان، بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا منجر به هزینه اقتصادی کل ۱،۲۷ میلیارد یورو در سال ۲۰۱۹ یا ۰/۶۸ درصد از تولید ناخالص داخلی شده است (Panteli &

(Delipalla, 2021). طبق گزارش کمیسیون آلودگی و سلامت لنست<sup>۱</sup>، بیماری‌های مرتبط با آلودگی هوا مسئول کاهش بهره‌وری هستند که در بسیاری از کشورهای با درآمد پایین و متوسط می‌تواند تا ۲ درصد تولید ناخالص داخلی آنها باشد (Cerveri et al., 2018). نکته مهم اینکه با توجه به روش برآورد متفاوت مطالعات انجام شده داخل و خارج از کشور، مقایسه نتایج باید با احتیاط انجام شود.

در این مطالعه، کل هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا برای مردان بسیار بیشتر از زنان بود. این تفاوت را می‌توان با مرگ بیشتر در بین مردان نسبت به زنان و همچنین بالاتر بودن نرخ اشتغال مرد ایرانی نسبت به زنان توضیح داد. با توجه به اینکه برای تمامی افراد از سرانه تولید ناخالص داخلی یکسانی استفاده شده است، تفاوت به‌دست آمده را نمی‌توان به تفاوت دستمزد مرد و زن نسبت داد بلکه احتمالاً این تفاوت ناشی از حضور بیشتر مردان در فضای باز و قرارگیری بیشتر در معرض آلودگی (مردان پذیرش بالاتری برای کار در زمان آلودگی و در محیط‌های آلوده را دارند)، می‌باشد و همچنین مرگ‌میر بالاتر مردان در سنین بهره‌وری، از دیگر عواملی است که باید به آن اشاره نمود. نکته دیگر در تحلیل این تفاوت، نرخ بالاتر استعمال دخانیات در میان مردان است که این عامل منجر به وخیم‌تر شدن اثرات آلودگی هوا در میان مردان می‌شود. تقارن استعمال دخانیات و آلودگی هوا، احتمال ابتلا به برخی بیماری‌ها از جمله سرطان ریه را افزایش می‌دهد که در مطالعه سروری<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، به این عامل اشاره شده است. نکته دیگر در باب نتایج این مطالعه مرتبط با افزایش درصد مرگ ناشی از آلودگی هوا به ویژه از ۴۵ سالگی به بعد است. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تضعیف سیستم ایمنی بدن با افزایش سن باشد که توجه ویژه سیاستگذاران برای افراد سنین بالاتر را طلب می‌کند.

نیاز به کاهش اثرات زیست محیطی و بهداشتی آلودگی هوا در دهه‌های اخیر شناخته شده است. بسیاری از کشورهای توسعه یافته استراتژی‌های جامع کنترل چند آلاینده را با هدف کاهش اثرات بهداشتی آلاینده‌های کلیدی، از جمله ذرات معلق (PM)، ازن، دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد اجرا نموده‌اند. همچنین، در سال‌های اخیر، کشورهای در حال توسعه با جمعیت زیاد نیز شروع به تشدید استانداردهای کیفیت هوا کرده‌اند. چین برنامه ملی اقدام هوای پاک (۲۰۱۳-۲۰۱۷) را اجرا کرد و آن را با برنامه اقدام سال درختکاری برای هوای پاک دنبال کرد که از سال ۲۰۱۸ شروع شد تا به‌طور مشترک انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع مختلف آلودگی را کاهش دهد. از سوی دیگر، مطالعات ارزیابی سلامت به‌طور مداوم مزایای بهداشتی و اقتصادی قابل توجه مرتبط با کاهش آلودگی هوا از طریق این اقدامات را برجسته کرده‌اند. از سوی دیگر، به استناد سند چشم‌انداز نظام سلامت در سال ۱۴۰۴، ایران کشوری است با مردمی برخوردار از بالاترین سطح سلامت و دارای عادلانه‌ترین و توسعه‌یافته‌ترین نظام سلامت در منطقه که در راستای دستیابی به این هدف، لازم است برای صیانت از سلامت مردم در کنترل و کاهش آلودگی هوا به‌عنوان یکی از عوامل محیط زیستی، اهتمام و مراقبت بیشتری صورت گیرد. مدیریت و کاهش آلاینده‌های محیط زیست به منظور کاهش تبعات سلامتی و اثرات سوء آن یکی از وظایف حاکمیتی دولت‌ها می‌باشد. در حال حاضر با گذشت نزدیک به ۳ دهه از برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور، اگر چه در هر یک از برنامه‌ها به مبحث آلودگی هوا توجه شده و در احکام و اسناد بالادستی، دستیابی به استانداردهای سازمان جهانی بهداشت و استاندارد بین‌المللی برای آلودگی هوای کلان شهرها مطرح گردیده است، ولی علی‌رغم اقدامات صورت گرفته با انتشار آلاینده‌های هوا از منابع مختلف، کیفیت هوا در این مناطق نامطلوب بوده و با فاصله از مقادیر استانداردهای تعیین شده قرار گرفته است. میزان بالای آلودگی در ایران را می‌توان به عوامل مختلفی از جمله تمرکز جمعیت در شهرهای بزرگ، وجود کارخانه‌ها با درجه بالایی از آلاینده‌ها در اطراف شهرها و همچنین وجود خودروهای غیراستاندارد نسبت داد. نکته حائز اهمیت در این بحث، سهم هر کدام از این منابع در آلوده کردن هوای شهرهاست که نیازمند مطالعات دقیق‌تری در این حوزه می‌باشد و در پی این مطالعات می‌توان توصیه‌های دقیق‌تری را به سیاستگذار ارائه نمود اما آنچه پرواضح است و بر کسی پوشیده نیست، نیاز مبرم به سیاستگذاری در جهت کاهش آلودگی‌ها و کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم این آلودگی‌ها می‌باشد.

<sup>1</sup> The Lancet Commission on pollution and health

<sup>2</sup> Cerveri

## سیاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان "اثرات جمعیتی- اقتصادی مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا در ایران" است که در سال ۱۴۰۲ در مؤسسه تحقیقات جمعیت کشور، انجام شده و بدینوسیله از حمایت مادی و معنوی مؤسسه سیاسگزاری می‌گردد.

## منابع

- آهنگری، قاسم؛ آیت الهی، آذین؛ اسمعیل، نفیسه؛ امین، محمد مهدی؛ پورصفا، پریناز؛ حاجی زاده، یعقوب؛ حسونند، محمدصادق و همکاران (۱۳۹۵). *آلودگی هوا و سلامت: مروری بر مطالعات و تحقیقات جهانی درباره اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان*. مؤسسه نشر شهر.
- [https://capr.tums.ac.ir/uploads/324/Air\\_pollution\\_and\\_Health.pdf](https://capr.tums.ac.ir/uploads/324/Air_pollution_and_Health.pdf)
- اسدی، هادی؛ مظلومی، عادل؛ ظریف یگانه، مروارید؛ حسینی، مصطفی؛ حق‌شناس، مهین؛ و حاجی‌زاده مقدم، پریسا (۱۳۹۶). برآورد مالی بهره‌وری از دست رفته در اثر مرگ‌های ناشی از کار در ایران. *بهداشت و ایمنی کار*، ۷(۱)، ۵۳-۶۲. <http://jhs.w.tums.ac.ir/article-1-5590-fa.html>
- پهلوی، حمید؛ و ملک‌افضلی، شیدا. (۱۳۹۸). بررسی سیاست‌های کاهش آلودگی هوای شهری در ایران از منظر زیست بوم سیاسی. *سیاست‌گذاری عمومی*، ۵(۳)، ۹-۴۲. <https://doi.org/10.22059/jppolicy.2019.74190>
- بیات، رضا؛ حسونند، محمدصادق؛ و درودی، رجبعلی (۱۳۹۹). تحلیل اقتصادی هزینه مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا در شهر تهران. *اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری*، ۳(۱)، ۱۸۸-۱۹۷. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.28212118.1399.1.3.6.4>
- حجازی، رخشاد؛ و تونی، امیدرضا (۱۳۹۶). برآورد هزینه‌های خارجی ناشی از آلودگی هوای کلانشهر کرج ناشی از بخش حمل و نقل. *مطالعات علوم محیط زیست*، ۲(۴)، ۵۸۸-۵۸۲. [https://www.jess.ir/article\\_69551.html](https://www.jess.ir/article_69551.html)
- حصاری، علی؛ و اسمعیلی خطیر، آرزو (۱۳۸۳). برآورد تاثیر مرگ‌ومیرهای ناشی از سوانح و تصادفات رانندگی روی امید به زندگی در بدو تولد و بار اقتصادی ناشی از آن در سال ۱۳۸۱. *مدیریت اطلاعات سلامت*، ۱(۲)، ۲۷-۳۵. <https://him.mui.ac.ir/article-1-10856.html>
- حسینی، نونا؛ و مزرعتی، محمد (۱۳۸۳). برآورد هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بر سلامت ساکنان تهران. *اقتصاد انرژی*، ۱(۳)، ۱۰-۲۵. <https://ensani.ir/file/download/article/20101116163353-p0349500030021-SPHWPJ.pdf>
- رحمتی، محمدحسین؛ مغانی، وحید؛ و وصال، محمد. (۱۳۹۹). بررسی اثر کوتاه مدت آلودگی هوا بر مرگ‌ومیر در شش کلان شهر در ایران. *پژوهش‌های اقتصادی*، ۲۰(۲)، ۷۶-۵۳. <http://dori.net/dor/20.1001.1.17356768.1399.20.2.6.9>
- ساسانی‌پور، محمد (۱۴۰۳). سال‌های از دست رفته عمر بالقوه تولیدی ناشی از حوادث ترافیکی در استان‌های ایران. *مطالعات جمعیتی*، ۱۸(۲)، ۷۳-۱۰۶. <https://doi.org/10.22034/jips.2024.486684.1247>
- ساری زاده، غلامرضا؛ جعفرزاده، نعمت‌اله؛ معطر، فرامرز؛ محمدی روزبهانی، مریم؛ و طهماسبی، یاسر (۱۳۹۹). ارتباط سنجی تغییرات آلودگی هوای شهری با میزان مرگ بیماران قلبی عروقی و تنفسی: مطالعه موردی شهر اهواز در بازه زمانی ۱۳۸۷ لغایت ۱۳۹۶. *مجله علمی پزشکی جندی‌شاپور*، ۱۹(۶)، ۵۰۱-۵۱۴. <https://doi.org/10.22118/jismj.2020.255524.2274>
- قلی‌زاده، محمدحسین؛ فرج زاده اصل، منوچهر؛ و دارند، محمد (۱۳۸۸). ارتباط آلودگی هوا با مرگ‌ومیر جمعیت شهر تهران. *حکیم*، ۱۲(۲)، ۶۵-۷۱. <http://hakim.tums.ac.ir/article-1-523-fa.html>
- کیانی، غلامحسین؛ یاری، فاطمه؛ و امیری، هادی (۱۳۹۳). برآورد هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در اصفهان. *محیط‌شناسی*، ۴۰(۶۹)، ۲۴۷-۲۵۴. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.10258620.1393.40.1.20.7>
- Ahangari, G., Ayatollahi, A., Esmail, N., Amin, M. M., Poursafa, P., Hajizadeh, Y., Hasanvand, M. D., et al. (2016). *Air pollution and health: A review of global studies and research on the effects of air pollution on human health*. City Publishing Institute. [In Persian]. [https://capr.tums.ac.ir/uploads/324/Air\\_pollution\\_and\\_Health.pdf](https://capr.tums.ac.ir/uploads/324/Air_pollution_and_Health.pdf)
- Asady, H., Mazloumi, A., Zarif-Yeganeh, M., Hosseini, M., Haghshenas, M., & Hajizadeh-Moghadam, P. (2017). *Financial estimate of productivity loss due to work-related deaths in Iran*. *Journal of Health and Safety at Work*, 7(1), 53-62. [In Persian]. <http://jhs.w.tums.ac.ir/article-1-5590-fa.html>
- Bălă, G. P., Răjnoveanu, R. M., Tudorache, E., Motișan, R., & Oancea, C. (2021). Air pollution exposure -the (in)visible risk factor for respiratory diseases. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(16), 19615-19628. <https://doi.org/10.1007/s11356021-13208-x>
- Basakha, M., Soleimanvandiazar, N., Tavangar, F., & Daneshi, S. (2021). Economic value of life in Iran: the human capital approach. *Iranian Journal of Public Health*, 50(2), 384-390. <https://doi.org/10.18502/ijph.v50i2.5357>
- Bayat, R., Hassanvand, M. S., & Daroudi, R. (2020). *Economic analysis of the cost of air pollution deaths in Tehran*. *Urban Economics and Planning*, 3(1), 188-197. [In Persian]. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.28212118.1399.1.3.6.4>

- Becker, G. S. (1964). *Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. University of Chicago Press. <https://ssrn.com/abstract=1496221>
- Bohlooli, H., & Malek Afzali, S. (2019). *Policy analysis of urban air pollution reduction in Iran in the scope of political ecology. Iranian Journal of Public Policy, 5*(3), 9–42. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/jppolicy.2019.74190>
- Cerveri, I., Ansaldo, E., Grosso, A., & Niniano, R. (2010). Women and smoking-related diseases: Mortality and morbidity in Italy and in the rest of the world. *Rassegna di Patologia dell'Apparato Respiratorio, 25*(1), 27–35. [https://www.researchgate.net/publication/288772152\\_Women\\_and\\_smoking-related\\_diseases\\_Mortality\\_and\\_morbidity\\_in\\_Italy\\_and\\_in\\_the\\_rest\\_of\\_the\\_world](https://www.researchgate.net/publication/288772152_Women_and_smoking-related_diseases_Mortality_and_morbidity_in_Italy_and_in_the_rest_of_the_world)
- Daneshmand, A., Jahangard, E., & Abdollah-Milani, M. (2018). A time preference measure of the social discount rate for Iran. *Journal of Economic Structures, 7*(2), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40008-018-0127-x>
- Darbà, J., & Marsà, A. (2020). Evaluation of productivity losses due to premature mortality from colorectal cancer. *PLoS One, 23*(15), 69–78. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244375>
- Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M., Caravanos, J., et al. (2022). Pollution and health: a progress update. *Lancet Planet Health, 6*(6), 535–547. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00145-0)
- Gholizadeh, M. H., Farrajzadeh Asl, M., & Darand, M. (2009). *The correlation between air pollution and human mortality in Tehran. Hakim, 12*(2), 65–71. [In Persian]. <http://hakim.tums.ac.ir/article-1-523-fa.html>
- Hadian, M., Raeissi, P., & Khalilabad, T. H. (2020). The economic burden of mortality and morbidity due to air pollution in Tehran, Iran: a systematic review. *Air Quality, Atmosphere & Health, 13*, 1001–1011. <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00861-3>
- Hall, R. E., & Jones, C. I. (1999). Why do some countries produce so much more output per worker than others? *Quarterly Journal of Economics, 114*(1), 83–116. <https://doi.org/10.1162/003355399555954>
- Heger, M., & Sarraf, M. (2018). *Air pollution in Tehran: health costs, sources, and policies*. World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/160681527012587818>
- Hejazi, R., & Touni, O. (2018). *External cost estimation of Karaj metropolitan area due to air pollution caused by transportation. Journal of Environmental Science Studies, 2*(4), 582–588. [In Persian]. [https://www.jess.ir/article\\_69551.html](https://www.jess.ir/article_69551.html)
- Hesari, A., & Esmaeili Khatir, A. (2004). *Mortality cases resulted from road car accidents and its economic cost in Iran. Health Information Management, 1*(2), 27–35. [In Persian]. <https://him.mui.ac.ir/article-1-10856.html>
- Hosseini, N., & Mazreati, M. (2004). *Estimating the social costs of fossil fuel consumption on the health of Tehran residents. Quarterly Energy Economics Review, 1*(3), 1–29. [In Persian]. <https://ensani.ir/file/download/article/20101116163353p0349500030021-SPHWPJ.pdf>
- Hübscher, M. C., & Heidecke, B. (2021). Discount Rates. In *Intangibles in the World of Transfer Pricing: Identifying-Valuing-Implementing* (pp. 355–363). Springer International Publishing. [https://ideas.repec.org/h/spr/sprchp/9783319733326\\_21.html](https://ideas.repec.org/h/spr/sprchp/9783319733326_21.html)
- Institute for Health Metrics and Evaluation. (2024). *GBD Compare*. Retrieved March 24, 2024, from <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>
- Institute for Health Metrics and Evaluation. (2025). *State of Global Air 2024* (Special Report). Health Effects Institute. <https://www.healthdata.org/sites/default/files/2024-06/soga-2024-report.pdf>
- Khorasani, S., Rezaei, S., Rashidian, H., & Daroudi, R. (2015). Years of potential life lost and productivity costs due to premature cancer-related mortality in Iran. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 16*(5), 1845–1850. <https://doi.org/10.7314/apjcp.2015.16.5.1845>
- Kiani, G. H., Yari, F., & Amiri, H. (2014). *An estimation on mortality cost through air pollution in Isfahan city. Journal of Environmental Studies, 40*(1), 247–254. [In Persian]. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.10258620.1393.40.1.20.7>
- Kolivand, P., Saberian, P., Karimi, F., Raadabadi, M., Azari, S., & Rajaie, S. (2024). Economic Burden of Trauma-Related Injuries in Iran in 2019. *Bulletin of Emergency and Trauma, 12*(2), 2–7. <https://doi.org/10.30476/beat.2024.102266.1507>
- Kozierkiewicz, A., Megas, B., Natkaniec, M., Topór-Mądry, R., Kissimova-Skarbek, E., Śliwczynski, A., & Gajda, K. (2016). Years of life lost due to deaths in Poland measured with Potential Years of Life Lost (PYLL) and Period Expected Years of Life Lost (PEYLL)

- indicators in years 2000-2014. *Zdrowie Publiczne i Zarządzanie*, 14(3), 165-174.  
<https://doi.org/10.4467/20842627OZ.16.020.5889>
- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., et al. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*, 391(10118), 462-512. <https://www.thelancet.com/commissions-do/pollution-and-health>
- Lange, G., Wodon, Q., & Carey, K. (2018). *The changing wealth of nations 2018: Building a sustainable future*. The World Bank.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/727941517825869310>
- Liljas, B. (1998). How to calculate indirect costs in economic evaluations. *Pharmacoeconomics*, 13(1), 1-7.  
<https://doi.org/10.2165/00019053-199813010-00001>
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 8, 14-25. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- Mincer, J. (1974). *Progress in human capital analysis of the distribution of earnings*. National Bureau of Economic Research.  
<https://ssrn.com/abstract=259364>
- Nahvijou, A., Daroudi, R., Javan-Noughabi, J., Dehdarirad, H., & Faramarzi, A. (2022). The lost productivity cost of premature mortality owing to cancers in Iran: evidence from the GLOBOCAN 2012 to 2018 estimates. *Value Health Regional Issues*, 31, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.vhri.2022.02.002>
- Najafi, F., Karami-Matin, B., Rezaei, S., Khosravi, A., & Soofi, M. (2016). Productivity costs and years of potential life lost associated with five leading causes of death: Evidence from Iran (2006-2010). *Medical Journal of The Islamic Republic of Iran*, 30, 412-421. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28210577/>
- Panteli, M., & Delipalla, S. (2021). The economic cost of ill health due to air pollution: Evidence from Greece. *International Journal of Business and Economic Sciences Applied Research (IJBESAR)*, 14(3), 98-113. <https://ssrn.com/abstract=4014431>
- Parvez, S. M., Jahan, F., Brune, M. N., Gorman, J. F., Rahman, M. J., Carpenter, D., Islam, Z., Rahman, M., Aich, N., Knibbs, L. D., & Sly, P. D. (2021). Health consequences of exposure to e-waste: an updated systematic review. *Lancet Planet Health*, 5(12), 905-920. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(21\)00263-1](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(21)00263-1)
- Pritchard, C., & Sculpher, M. J. (2000). *Productivity costs: Principles and practice in economic evaluation*. Office of Health Economics. <https://www.ohe.org/publications/productivity-costs-principles-and-practice-economic-evaluation/>
- Rahmati, M. H., Moghani, V., & Vesal, M. (2020). *The effects of short-term exposure to air pollution on mortality rates: The case of six metropolitan areas in Iran*. *The Economic Research*, 20(2), 53-76. [In Persian].  
<http://dorl.net/dor/20.1001.1.17356768.1399.20.2.6.9>
- Rentschler, M., Erik, J., & Nadia, L. (2022). *Air pollution and poverty: PM2.5 exposure in 211 countries and territories* (Policy Research Working Paper Series 10005). The World Bank. <https://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/10005.html>
- Sarizadeh, G., Jaafarzadeh, N., Moattar, F., Mohammadi Roozbehani, M., & Tahmasebi, Y. (2021). *Relationship between the urban air pollution and rate of cardiovascular and respiratory death in Ahvaz in the period of 10 years (2007-2017)*. *Jundishapur Medical Journal*, 19(6), 501-514. [In Persian]. <https://doi.org/10.22118/jsmj.2020.255524.2274>
- Sasanipour, M. (2024). *Years of potential productive life lost due to traffic accidents in the provinces of Iran*. *Iranian Population Studies*, 8(2), 73-106. [In Persian]. <https://doi.org/10.22034/jips.2024.486684.1247>
- Sepandi, M., Alimohamadi, Y., Muhammad Mahmud, F., & Enaami, M. (2019). Productivity and years of life lost due to fatal traffic injuries in Shiraz Shahid Rajaei Hospital during 2009-2013. *Archives of Trauma Research*, 8(3), 160-164.  
[https://doi.org/10.4103/ATR.ATR\\_43\\_19](https://doi.org/10.4103/ATR.ATR_43_19)
- Setiawan, E., Cassidy-Seyoum, S. A., Thriemer, K., Carvalho, N., & Devine, A. (2024). A systematic review of methods for estimating productivity losses due to illness or caregiving in low- and middle-income countries. *Pharmacoeconomics*, 42(8), 865-877.  
<https://doi.org/10.1007/s40273-024-01402-x>
- Soofi, M., Karamimatin, B., Najafi, F., Babakrpur Nalosi, K., Hassanvand, M. S., & Shamsipour, M. (2023). *The cost of lost productivity due to premature mortality attributable to ambient Pm2.5 in Iran, a national analysis, 2001-2016*. (SSRN Working Paper No. 4489303). <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4489303>
- Stiglitz, J. E., Sen, A., & Fitoussi, J. (2010). *Mismeasuring our lives: Why GDP doesn't add up*. New Press.

- <https://dokumen.pub/qdownload/mismeasuring-our-lives-why-gdp-doesnt-add-up-9781595585929-1595585923.html>
- Tan, E. (2014). Human capital theory: A holistic criticism. *Review of Educational Research*, 84(3), 411-445. <https://psycnet.apa.org/doi/10.3102/0034654314532696>
- The Organisation for Economic Co-Operation and Development. (2001). *The well-being of nations: The role of human and social capital*. OECD Publishing. [https://www.oecd.org/en/publications/2001/05/the-well-being-of-nations\\_g1gh268d.html](https://www.oecd.org/en/publications/2001/05/the-well-being-of-nations_g1gh268d.html)
- Viscusi, W. K. (2008). How to value a life. *Journal of Economics and Finance*, 32(4), 311-323. <https://scholarship.law.vanderbilt.edu/faculty-publications/1579/>
- Weinstein, R. (2022). Local labor markets and human capital investments. *Journal of Human Resources*, 57(5), 1498-1525. <https://doi.org/10.3368/jhr.58.1.1119-10566R2>
- Weisbrod, B. A. (1961). The Valuation of Human Capital. *Journal of Political Economy*, 69(5), 425-436. <https://doi.org/10.1086/258535>
- World Bank (2024). *GDP per capita (current US\$) - Iran, Islamic Rep.* <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=IR>
- World Health Organization. (2024). *Ambient (outdoor) air pollution*. (Fact sheet). [https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)