فصلنامه اقتصاد و برنامه ریزی شهری

سایت نشریه: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/

مقاله پژوهشی

تحلیل اقتصادی هزینهٔ مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا در شهر تهران

رضا بیات[۱*]، رجبعلی دَرودی[۲]، محمدصادق حسنوند[۳]

[۱] مدیریت مطالعات خدمات شهری و محیط زیست، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، شهرداری تهران، ایران

[۲] گروه علوم مدیریت و اقتصاد بهداشت، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

[۳] مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۵

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۰۵/۱۸

کلمات کلیدی:

اثرات آلودگی هوا

تهران

هزینهٔ مرگ

ذرات معلق

چکیده:

اصلی‌ترین خسارت آلودگی هوا، تأثیرات منفی آن بر سلامت انسان و به‌خصوص مرگ‌ومیر منتسب است. در مقالهٔ پیش رو با استفاده از آخرین روابط میزان مواجهه با $PM_{2.5}$ و تغییر مرگ‌ومیر منتسب به آن و همچنین، جمع‌آوری کلیهٔ داده‌های مورد نیاز همچون توزیع جمعیت مکانی و زمانی و توزیع غلظت آلودگی، سعی در برآورد خسارت‌های آلودگی هوای شهر تهران شده است.

رویکردهای مختلفی برای محاسبهٔ هزینه‌های آلودگی هوا و همچنین ارزش‌گذاری مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا وجود دارد و هر یک از این رویکردها، دارای قوت‌ها و ضعف‌هایی دارند. در مطالعهٔ حاضر که در ادامهٔ مطالعات قبلی نویسندگان مقاله برای تعیین غلظت‌ها و تعداد مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوای تهران ارائه می‌شود، با توصیف سه روش متفاوت ارزش زندگی آماری (VSL)، ارزش یک سال زندگی (VOLY) و روش دیه اسلامی، خسارت‌های ناشی از آلودگی هوای تهران بر سلامت شهروندان، طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ برآورد شده است.

بر اساس سناریوی کاهش میانگین سالیانهٔ $PM_{2.5}$ و رسیدن به غلظت حداقل ۲/۴ $\mu g/m^3$، تعداد ۳۷۷,۷ (۵۸۱,۸-۱۲۶,۶) مرگ زودرس در بزرگ‌سالان در سال ۱۳۹۶ را می‌توان به آلودگی هوای $PM_{2.5}$ تهران نسبت داد. این برآورد برای سال ۱۳۹۷ برابر است با ۴۱۸,۶ (۷۵۳,۶-۹۱۸,۵). همچنین، ارزش زندگی آماری (VSL) برای ایران برابر ۳۸۱,۲۱۲ دلار به دست آمد.

با استفاده از رویکرد VSL، برآورد می‌شود که سطوح آلودگی $PM_{2.5}$ 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. این براورد بر اساس روش VOLY برابر ۰/۷۳۶ و ۰/۶۴۴ میلیارد دلار و اساس روش دیه اسلامی ۰/۶۰۹ و ۰/۵۰۴ میلیارد دلار برآورد شد.

DOI: 10.22034/UE.2020.09.03.06

مقدمه

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؛ مطابق آمار ارائه‌شده توسط سازمان جهانی بهداشت[۱](WHO)، آلودگی هوای آزاد که پنجمین عامل مرگ‌ومیر زودرس در جهان بوده، فقط در سال ۲۰۱۷ منجر به مرگ بیش از ۴/۹ میلیون نفر و از دست دادن ۱۴۷ میلیون سال زندگی سالم[۲] در جهان شده است (بنیاد

نویسنده مسئول:

ایمیل: bayat-re@tehran.ir

1 . World Health Organization

2 . Years of healthy life lost

تاسیسات سلامت[3]، ۲۰۱۹). امروزه آلودگی هوا بزرگ‌ترین عامل خطر محیط زیستی برای سلامت بشر بوده (لاندریگان[4] و همکاران، ۲۰۱۸) و به دلیل سرعت زیاد افزایش نسبت شهرنشینی، چالشی است که به‌سرعت در حال گستردگی است.

از آثار آلودگی هوا می‌توان تأثیر منفی بر اکوسیستم، خرابی نما و سطوح ساختمان‌ها و بناهای قدیمی و کاهش قابلیت دید را نام برد؛ آلودگی هوا همچنین به‌عنوان یک تهدید بزرگ برای سلامت جامعه شناخته شده است. آلودگی هوا با افزایش تعداد بیماری‌ها و مراجعات به بیمارستان و اورژانس و همچنین تعطیلی مشاغل و مدارس همراه است(ناصری و همکاران، ۲۰۱۶).

برآورد خسارت‌های آلودگی هوا برای تجزیه‌وتحلیل‌های اقتصادی و ارزیابی نسبت سود به هزینهٔ پروژه‌های بزرگ شهری (مانند سرمایه‌گذاری در حمل‌ونقل عمومی، مدیریت ترافیک و کیفیت سوخت و همچنین، تشویق روش‌های جایگزین حمل‌ونقل و گسترش مناطق کم‌انتشار) می‌تواند راهنمای مفیدی برای مدیران شهری ارائه دهد. از طرفی، بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که مرگ‌ومیر زودرس، بزرگ‌ترین هزینهٔ آلودگی است؛ بنابراین، ارزش‌گذاری مرگ‌ومیر منتسب به آلودگی، به تعیین اندازه و شدت مشکل کمک می‌کند(بانک جهانی[5]،۲۰۱۶).

آلودگی هوای آزاد، ترکیبی پیچیده از آلاینده‌هاست. ذرات جامد با قطر آئرودینامیکی کمتر و مساوی ۲/۵ میکرومتر ($PM_{2.5}$) می‌توانند به عمیق ریه نفوذ کنند و سبب ایجاد تأثیرات جدی از طریق استرس اکسیداتیو و مسیرهای التهابی شوند. $PM_{2.5}$ توسط WHO به‌عنوان یک سرطان‌زا برای انسان طبقه‌بندی شده است. با توجه به اینکه ذرات معلق، قابلیت حمل مواد سمی دیگر را نیز دارند، معمولاً در ارزیابی ریسک سلامت آلودگی هوا برای فضاهای باز، از غلظت $PM_{2.5}$ به‌عنوان شاخص کلی سمیت هوا استفاده می‌شود. غلظت $PM_{2.5}$ در هوای محیطی به‌طور گسترده‌ای با مرگ‌ومیر زودرس همبستگی دارد (اپته[6] و همکاران، ۲۰۱۵؛ کروسکی[7] و همکاران، ۲۰۰۹؛ لیم[8] و همکاران،۲۰۱۲؛ مهتا[9] و همکاران،۲۰۱۳؛پوپ[10] و همکاران، ۲۰۰۹)

در تهران نیز مطابق گزارش شرکت کنترل کیفیت هوا، از سال ۱۳۹۰ که اندازه‌گیری ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرومتر به‌صورت سالیانه آغاز شده، در بیشتر روزهای ناسالم، عامل ایجاد وضعیت، این آلاینده بوده است (شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۳۹۸).

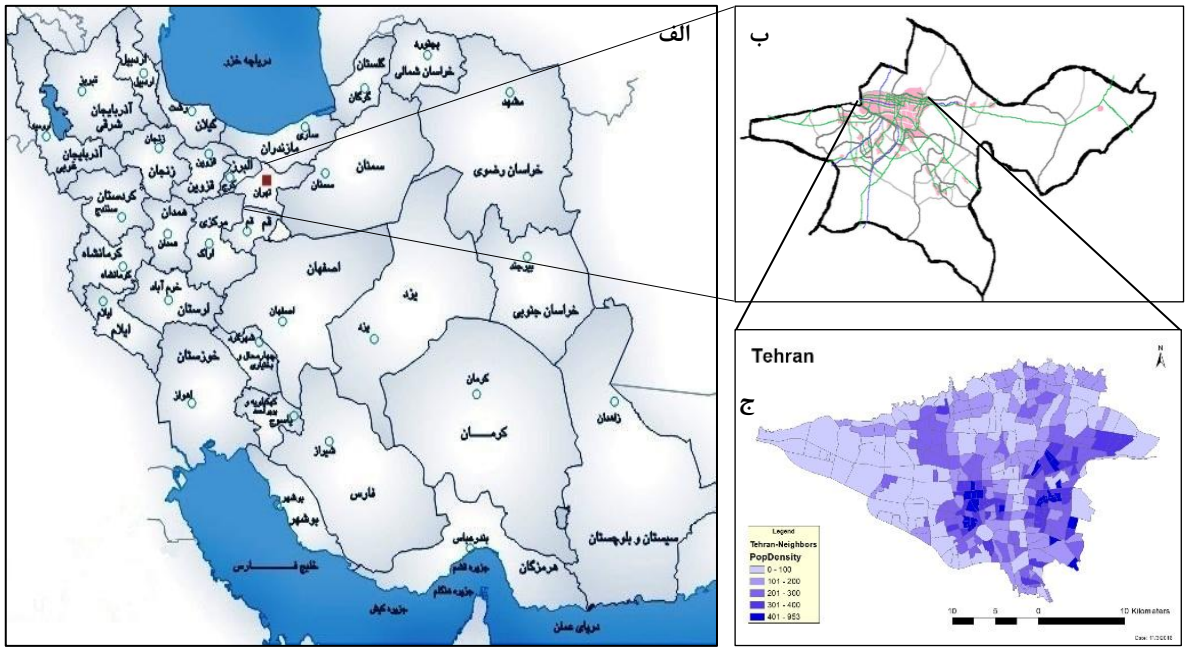
بر اساس بانک دادهٔ آلایندهٔ $PM_{2.5}$ در ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای موجود در سراسر جهان که در سال ۲۰۱۸ توسط ی ایرویژوال[11] گردآوری شده است، از میان ۶۲ شهر از پایتخت کشورها که دادهٔ آن‌ها موجود است، شهر تهران با غلظت سالیانه ۲۶/۱ میکروگرم بر مترمکعب در رتبهٔ ۲۳ آلودگی قرار دارد که این میزان بیش از دو برابر حد رهنمود سالیانهٔ ارائه‌شده از سوی سازمان جهانی بهداشت (۱۰ میکروگرم بر مترمکعب) است. در این گزارش شهر دهلی هند و پس از آن، شهر داکا در بنگلادش آلوده‌ترین پایتخت‌های جهان رتبه‌بندی شده‌اند (ایرویژوآل[12]، ۲۰۱۹).

در سال ۱۳۸۳ بانک جهانی با همکاری سازمان محیط زیست، پژوهش مرجعی با عنوان «بازنگری سیاست صرفه‌جویی انرژی - محیط زیست» را منتشر کرد. این گزارش برای سال ۲۰۰۱ هزینهٔ خسارت‌ها بر سلامت در ایران را معادل ۷ میلیارد دلار (معادل ۸/۴ درصد از GDP اسمی) برآورد کرده است (بانک جهانی ،۲۰۰۴).

در سال ۲۰۱۰ برجر و همکارانش مطالعه‌ای برای تهران انجام داده‌اند تا کاهش خطر مرگ‌ومیر و سود اقتصادی حاصل از بهبود کیفیت هوا از سطوح موجود $PM_{2.5}$، به ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب و ۱۵ میکروگرم بر مترمکعب را برآورد کنند. در آن مطالعه از روش WTP برای ارزیابی مالی ارتقای کیفیت هوا استفاده کردند. در آن مطالعه، VSL در سال ۲۰۱۰ برابر ۵۲۰،۱۲۰ دلار تخمین زده شده است. این ارزش بر اساس پیمایش میدانی مشروط در سال ۲۰۰۲ در تهران انجام شد. مزایای کاهش مربوط به غلظت $PM_{2.5}$ به‌ترتیب ۱/۵۱ میلیارد دلار و ۰/۸۳ میلیارد دلار برآورد شد (براجر[13] و همکاران، ۲۰۱۲).

در سال ۲۰۱۶ بانک جهانی گزارشی با عنوان «هزینه‌های آلودگی هوا» منتشر کرده است. بر اساس این گزارش، آلودگی هوا سالیانه بیش از ۵/۵ میلیون کشته (یک مرگ از هر ده مرگ) و بیش از ۵ تریلیون دلار هزینه برای اقتصاد جهانی به همراه دارد. تمرکز این گزارش بر پرهزینه‌ترین خسارت ناشی از آلودگی یعنی **مرگ زودرس** بوده است. آلودگی هوا علاوه بر تأثیر بر سلامت انسان، از راه‌های دیگری نیز بر اقتصاد کشورها اثر منفی می‌گذارد. از تخریب عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی و کاهش محصولات کشاورزی و باران‌های اسیدی گرفته تا آسیب بر رقابت اقتصادی و توانایی رشد شهرها برای جذب و حفظ استعدادهای برتر. پیامدهای غیرمرگ‌بار آلودگی هوا، کمتر از ۱۰ درصد هزینه‌های مرگ زودرس تخمین زده می‌شود. مطابق این گزارش مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا و تبعات آن در ایران طی دو دههٔ گذشته از میزان ۱۷ هزار نفر در سال ۱۹۹۰ به بیش از ۲۱ هزار نفر در سال ۲۰۱۳ رسیده است. تبعات اقتصادی این معضل نیز در سال ۲۰۱۳ از روش تمایل به پرداخت معادل ۳۰،۵۹۹ میلیارد دلار (بر اساس قیمت دلار سال ۲۰۱۱ و معادل ترازشده با برابری قدرت خرید، ۲/۴۸ درصد تولید ناخالص داخلی) و از روش درآمد ازدست‌رفتهٔ برابر ۱/۴۷۱ میلیارد دلار (۰/۱۲ درصد تولید ناخالص داخلی) به کشور خسارت وارد کرده است (بانک جهانی ،۲۰۱۶). رویکردهای مختلفی برای محاسبهٔ هزینه‌های آلودگی هوا و همچنین،

3 Health Effects Institute
4 Landrigan
5 World Bank
6 Apte
7 Krewski
8 Lim
9 Mehta
10 Pope
11 . AirVisual
12 AirVisual
13 Brajer



شکل ۱. نقشه تهران: (الف) محل استان تهران در ایران؛ (ب) محل شهر تهران در استان تهران؛ و (ج) تراکم جمعیت

ارزش‌گذاری مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا وجود دارد و هر یک از این رویکردها دارای قوت‌ها و ضعف‌هایی است. در مطالعهٔ حاضر که در ادامهٔ مطالعات قبلی نویسندگان مقاله برای تعیین غلظت‌ها و تعداد مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوای تهران (بیات و همکاران ، ۲۰۱۹) ارائه می‌شود، با توصیف سه روش متفاوت، خسارت‌های ناشی از آلودگی هوای تهران بر سلامت شهروندان، طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ برآورد شده است.

مواد و روش‌ها

در مطالعهٔ قبلی ابتدا با استفاده از داده‌های غلظت آلودگی هوا در ایستگاه‌های ثابت زمینی و همچنین، تخمین سنین مختلف جمعیت مواجه‌شده با آلودگی، تعداد مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا در شهر تهران طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ برآورد شده است (بیات و همکاران ، ۲۰۱۹). و در مقالهٔ پیش رو با استفاده از سه روش مختلف، هزینه‌های ناشی از آلودگی هوای شهر تهران، در بخش سلامت، بر مبنای نتایج غلظت و مرگ‌ومیر قبلی، برآورد شده است.

اطلاعات پایه

محدودهٔ مکانی مطالعه، تهران، با جمعیت ساکن حدود ۹ میلیون نفر و با مساحت حدود ۶۲۰ کیلومترمربع است (شکل ۱). محدودهٔ زمانی مطالعه نیز دو سال متوالی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ است.

برآورد مرگ‌ومیر منتسب به آلودگی $PM_{2.5}$ در تهران طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مطالعهٔ قبلی ارائه شده است(بیات و همکاران ، ۲۰۱۹). مبنای آن محاسبات عبارت بود از: (۱) اطلاعات توزیع سنی جمعیت که از داده‌های سرشماری سال ۱۳۹۵ (مرکز اماری ایران[14]،۲۰۱۶) به دست آمد؛ جمعیت تهران در سال ۱۳۹۶ برابر ۲۸۳,۸۰۸۸, و در سال ۱۳۹۷ برابر ۳۸۵,۹۲۴,۸ تخمین زده شد. (۲) تخمینی از غلظت‌های $PM_{2.5}$ آلودگی هوای آزاد، که از داده‌های پایش ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا و پس از اعمال پاکسازی بر داده‌ها (ون زوئست[15] و همکاران، ۲۰۱۸)؛ به دست آمد؛ غلظت $PM_{2.5}$ وزن‌دهی‌شده با جمعیت در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، برابر $\mu g/m^3$ ۳۱/۸ و $\mu g/m^3$ ۲۶/۲ تعیین شد. (۳) علل مرگ شناخته‌شدهٔ مرتبط به آلودگی هوا شامل بیماری‌های ایسکمیک قلبی (IHD) Ischemic Heart Disease)، سکتهٔ مغزی (Stroke)، بیماری انسداد مزمن ریه (COPD) Chronic Obstructive Pulmonary Disease))، سرطان ریه(LC) Lung Cancer)) ، عفونت حاد سیستم تنفسی تحتانی (LRI) و کلیهٔ علل تعیین شد (برنت و همکاران، ۲۰۱۸). (۴) میزان مرگ‌ومیر پایه، که از «مؤسسهٔ معیارها و ارزیابی سلامت» (IHME) Institute for Health Metrics and Evaluation)) اخذ شد.(*IHME*, n.d.)

برای برآورد تعداد مرگ‌ومیر، تابع مدل جهانی مواجهه ـ مرگ (GEMM) ارائه‌شده در مطالعهٔ برنت و همکاران که ارتباط بین میانگین غلظت سالیانه $PM_{2.5}$ محیط و مرگ‌ومیر در هر گروه سنی را بیان

14 Statistical Center of Iran
15 van Zoest

جدول ۱. خلاصهٔ اطلاعات برآوردهای تعداد مرگ منتسب به آلودگی هوا در تهران (R Bayat et al., ۲۰۱۹)

سال	۱۳۹۶	۱۳۹۷
جمعیت	۸,۸۰۸,۴۶۹	۸,۹۲۴,۷۵۲
جمعیت بزرگسال	۶,۱۹۰,۰۹۰	۶,۳۰۴,۸۹۲
امید زندگی	۷۷/۴	۷۷/۶
تعداد کل مرگ	۴۷,۲۲۰	۴۷,۵۹۰
تعداد مرگ در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت از هر سنی	۵۳۶	۵۳۳
تعداد مرگ در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت بزرگسال (بزرگ‌تر از ۲۵)	۷۶۳	۷۵۵
غلظت $PM_{2.5}$ وزن‌دهی‌شده با جمعیت	۳۱/۸	۲۶/۲
مرگ‌های منتسب به $PM_{2.5}$	۷,۳۷۷	۶,۴۱۸
درصد مرگ‌های منتسب به $PM_{2.5}$ به‌کل مرگ‌ها	۱۵/۶	۱۳/۵
مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت از هر سنی	۸۴	۷۲
مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت بزرگسال	۱۱۹	۱۰۲
کل سال‌های ازدست‌رفته	۷۹۰,۵۴۹	۷۹۸,۸۵۰
سال‌های ازدست‌رفته منتسب به $PM_{2.5}$	۱۱۹,۶۰۳	۱۰۴,۶۵۱
درصد سال‌های ازدست‌رفته $PM_{2.5}$ به‌کل	۱۵/۱	۱۳/۱

جدول ۲. تعداد موارد مرگ افراد بزرگسال منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در شهر تهران به تفکیک علت مرگ طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

سال / علت مرگ	۱۳۹۶			۱۳۹۷		
	متوسط	صدک ۲/۵	صدک ۹۷/۵	متوسط	صدک ۲/۵	صدک ۹۷/۵
Stroke	۹۱۸	۷۱۵	۱۰۴۴	۷۷۰	۶۰۱	۸۷۸
COPD	۳۷۴	۲۷۸	۴۳۳	۳۲۴	۲۴۰	۳۷۵
IHD	۳۵۵۰	۳۴۲۸	۳۶۳۴	۳۱۶۵	۳۰۵۷	۳۲۴۰
LRI	۵۴۳	۴۲۲	۶۰۳	۴۹۱	۳۷۸	۵۴۸
LC	۲۸۴	۲۴۳	۳۰۸	۲۴۷	۲۱۲	۲۶۹
5-COD	۵۶۶۹	۵۰۸۶	۶۰۲۲	۴۹۹۶	۴۴۸۸	۵۳۰۹
NCD+LRI	۷۳۷۷	۶۸۳۴	۷۷۶۶	۶۴۱۸	۵۹۱۸	۶۷۵۳

می‌دارد (برنت[16] و همکاران، ۲۰۱۸) استفاده شد. همچنین، نرم‌افزار BenMAP-CE برای برآورد تعداد مرگ‌ومیر ناشی از تغییرات غلظت $PM_{2.5}$ بین وضعیت موجود و حداقل فرض‌شده (هدف ایده‌آل $\mu g/m^3$ ۲/۴ مربوط است به کمترین غلظت مشاهده‌شده در تمامی ۴۱ مطالعه کوهورت موجود در GEMM) مورد استفاده قرار گرفت و به تفصیل در مقالهٔ قبلی بیان شد(بیات و همکاران،۲۰۱۹).

مرگ‌ومیر زودرس

بر اساس سناریوی کاهش میانگین سالیانهٔ $PM_{2.5}$ و رسیدن به غلظت $\mu g/m^3$ ۲/۴، تعداد ۳۷۷,۷ (۱۲۶,۶-۵۸۱,۸) مرگ زودرس در بزرگسالان در سال ۱۳۹۶ را می‌توان به آلودگی هوای $PM_{2.5}$ تهران نسبت داد. این برآورد برای سال ۱۳۹۷ برابر است با ۴۱۸,۶ (۹۱۸,۵-۷۵۳,۶).

16 Burnett

برآورد خسارت‌های ناشی از آلودگی هوا در بخش سلامت

دو روش در ادبیات مطالعه بارها در تعیین خسارت اقتصادی مرگ‌ومیر زودهنگام استفاده شده‌اند: ارزش زندگی آماری (VSL[17]) و ارزش یک سال زندگی (VOLY[18]). هر دو روش برای عمرهایی که از دست داده یا به دست آورده شده، ارزش‌های پولی را اختصاص می‌دهند. مقدار VSL معمولاً بر اساس پرسشگری تمایل افراد به پرداخت (WTP[19]) برای کاهش خطر مرگ استوار است؛ و VOLY از تمایل به پرداخت برای یک سال افزایش در امید زندگی فرد تعیین می‌شود. در برخی منابع، VOLY ضریبی از سرانهٔ تولید ناخالص داخلی (GDP[20]) در نظر گرفته می‌شود(چیابای[21] و همکاران ، ۲۰۱۸). روش سوم استفاده‌شده در مقالهٔ حاضر، روش دیه است. در زیر هر یک از روش‌ها تشریح شده‌اند.

17 Value of a Statistical Life (VSL)
18 Value of a Life Year (VOLY)
19 Willingness To Pay (WTP)
20 Gross Domestic Product (GDP)
21 Chiabai

ارزش زندگی آماری (VSL)

ساده‌ترین روش برای تعیین تأثیر اقتصادی مرگ‌ومیر زودرس، ضرب کردن تعداد مرگ‌ومیر پیش‌بینی‌شده، در یک برآورد محلی VSL است. در حالت ایده‌آل، باید از نتایج مطالعات ملی یا منطقه‌ای، که ارزش زندگی آماری را برآورد کرده‌اند، در ارزش‌گذاری اقتصادی زندگی ازدست‌رفته استفاده شود؛ اما در غیاب چنین مطالعات ملی، با استفاده از روش‌های خاصی می‌توان از نتایج مطالعات انجام‌شده در سایر کشورها به‌منظور تخمین VSL هر کشور استفاده کرد. یکی از این روش‌ها استفاده از معادلهٔ ۱ است. با توجه به اینکه مقایسهٔ نتایج مطالعات انجام‌شده در کشورهای مختلف نشان داده است که بین سرانهٔ تولید ناخالص داخلی و VSL هر کشور رابطه وجود دارد؛ بنابراین با کمک معادلهٔ ۱ از متوسط VSL کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه (OECD[۲۲]) پس از تعدیل آن بر اساس تولید ناخالص داخلی هر کشور، می‌توان برای تخمین VSL استفاده کرد(نارین[۲۳] و سل[۲۴]، ۲۰۱۶)

برای به دست آوردن VSL در ایران از طریق این رویکرد، VSL کشورهای عضو OECD، VSL_{OECD} به‌عنوان نقطهٔ شروع استفاده شد. آخرین برآورد VSL برای کشورهای OECD مبلغ ۳/۸۳ میلیون دلار است (با لحاظ برابری قدرت خرید (PPP[۲۵]) (نارین و سل، ۲۰۱۶) .این برآورد با استفاده از معادلهٔ ۱ تعدیل می‌شود:

$$VSL_{IRAN} = VSL_{OECD} \times \left(\frac{Y_{IRAN}}{Y_{OECD}}\right)^{b} \quad (۱)$$

که در آن VSL_{IRAN} برای ایران، Y سرانهٔ تولید ناخالص داخلی و b کشش درآمدی VSL است. معادله به‌طور کلی تمایل به پرداخت بیشتر برای سلامت در کشورهای با درآمد بیشتر را نشان می‌دهد. برای کشورهای کم‌درآمد و با درآمد متوسط، b از ۱/۰ تا ۱/۴ متغیر است و برآورد میانهٔ ۱/۲ استفاده شد(نارین و سل، ۲۰۱۶) .

ارزش یک سال زندگی (VOLY[۲۶])

رویکرد دوم این مطالعه برای قیمت‌گذاری مرگ‌ومیر زودرس، برآورد ارزش اقتصادی تعداد سال‌های زندگی ازدست‌رفته به علت مواجهه با آلودگی است. مقادیر تجربی VOLY با استفاده از مطالعات WTP تعیین می‌شود و یا به‌طور تقریبی به‌صورت ضریبی از سرانهٔ تولید ناخالص داخلی تعیین شده است. در تحلیل‌های این مطالعه، VOLY برابر با سرانهٔ GDP کشور در نظر گرفته شده(برترام[۲۷] و همکاران ، ۲۰۱۶)، که معادل آستانهٔ هزینه_اثربخشی توصیه‌شده توسط سازمان جهانی بهداشت برای تعیین مداخلات سلامت نیز است(مارسل[۲۸] و همکاران ، ۲۰۱۵).

روش دیه اسلامی

در این روش، مقادیر اعطاشده از طرف دادگاه اسلامی، به بستگان درجهٔ اول مقتول حادثه‌ای که بر اثر جنایت یا غفلت از بین رفته، به‌عنوان نشانه‌هایی از ارزش جان یک انسان یا هزینهٔ از بین رفتن آن تلقی می‌شود. مبنای کار دادگاه‌ها در ایران، قوانین اسلامی فقه شیعهٔ جعفری است. در این قوانین، مقادیر جبران خسارت بستگان مقتول در یک حادثهٔ جنایی یا تصادفی به‌عنوان دیه خوانده می‌شود (اسماعیل آیتی، ۱۳۸۱).

معیار برآورد نرخ دیه ارزش ۱۰۰ شتر است. البته، معیار برآورد دیه در اسلام علاوه بر ۱۰۰ شتر، موارد دیگری را هم شامل می‌شود که عبارت‌اند از: ۲۰۰ گاو، یک هزار گوسفند، ۲۰۰ دست لباس از حله‌های یمن، یک هزار دینار و ۱۰ هزار درهم. وزارت دادگستری به‌منظور تعیین و تثبیت نرخ دیه با استفاده از نظر هیئت کارشناسان، قیمت سوقیه احشام (گاو، گوسفند و شتر) را یک سال یک‌بار تعیین و مراتب را به‌صورت بخشنامه به دادگستری‌های سراسر کشور ابلاغ می‌کند. علت تقویم سالیانهٔ دیه انسان بر اساس قیمت شتر که به‌وسیلهٔ قوه قضاییه هرسال ابلاغ می‌شود هم این است که شتر در بین همهٔ این موارد قیمت کمتری دارد. نرخ دیه در ۴ ماه حرام، یعنی یک‌سوم مواقع، ۳۳/۳۳ درصد (یک‌سوم) افزایش می‌یابد. جدول ۳ نرخ دیه در کشور طی سال‌های گذشته را نشان می‌دهد.

برای مقایسهٔ نتایج سه روش بیان‌شده، باید نرخ‌های ریالی به دلار تبدیل شود. جدول ۴ نرخ‌های برابری ریال و دلار را در دو بازار رسمی و غیررسمی نشان می‌دهد.

برای برآورد خسارت‌های کامل اقتصادی بیماری‌ها علاوه بر هزینه‌های مرگ‌ومیر، باید سایر هزینه‌های ایجادشده به دلیل بیماری (هزینه‌های ابتلا) مانند هزینه‌های منابع صرف‌شده (مانند هزینه‌های مالی برای پرهیز از بیماری‌های مربوط به آلودگی یا درمان بیماری‌ها)، هزینه‌های فرصت (مانند هزینه‌های غیرمستقیم از دست دادن وقت کار و اوقات فراغت) و هزینه‌های کاهش مطلوبیت یا ناملموس (مانند هزینهٔ درد، رنج و ناراحتی) (هانت[۲۹] و فرگوسن[۳۰]،۲۰۱۰) نیز برآورد شود.

با توجه به سختی برآورد تمام انواع خسارت‌ها و همچنین، بر اساس نتایج حاصل از مطالعات انجام‌شده در چند کشور عضو OECD، دستورالعمل‌های اخیر، هزینه‌های ابتلای بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا را حدود ۱۰ درصد هزینه‌های مرگ‌ومیرهای منتسب در نظر می‌گیرند(نارین و سل، ۲۰۱۶؛ هانت و همکاران،۲۰۱۶). در این مطالعه نیز به دلیل نبود اطلاعات و داده‌های کافی، هزینه‌های ابتلای بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا در شهر تهران، بر اساس این قاعدهٔ سرانگشتی برآورد شد و معادل ۱۰ درصد هزینه‌های مرگ‌ومیر در نظر گرفته شد.

22 . The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

23 Narain

24 Sall

25 Purchasing Power Parity (PPP)

26 Value of a Life Year (VOLY)

27 Bertram

28 Marseille

29 Hunt

30 Ferguson

جدول ۳. نرخ دیه در کشور ایران در سال‌های مختلف بر اساس بخشنامه‌های سالیانهٔ قوهٔ قضاییه ایران

سال	نرخ دیه ماه عادی میلیون تومان	نرخ دیه ماه حرام میلیون تومان	سال	نرخ دیه ماه عادی میلیون تومان	نرخ دیه ماه حرام میلیون تومان
۱۳۷۷	۵,۶	۷,۴	۱۳۸۸	۴۰	۵۳,۳
۱۳۷۸	۶,۱	۸,۱	۱۳۸۹	۴۵	۶۰
۱۳۷۹	۶,۴	۸,۵	۱۳۹۰	۶۷	۹۰
۱۳۸۰	۱۰	۱۳,۳	۱۳۹۱	۹۴	۱۲۵,۳
۱۳۸۱	۱۵	۲۰	۱۳۹۲	۱۱۳	۱۵۰,۶
۱۳۸۲	۱۸	۲۴	۱۳۹۳	۱۵۰	۲۰۰
۱۳۸۳	۲۲	۲۹,۳	۱۳۹۴	۱۶۵	۲۲۰
۱۳۸۴	۲۴	۳۲	۱۳۹۵	۱۹۰	۲۵۳
۱۳۸۵	۲۶	۳۴,۶	۱۳۹۶	۲۱۰	۲۸۰
۱۳۸۶	۳۵	۴۶,۶	۱۳۹۷	۲۳۱	۳۰۸
۱۳۸۷	۴۰	۵۳,۳	۱۳۹۸	۲۷۰	۳۶۰

جدول ۴. نرخ برابری ارز در ۸ سال گذشته (بانک مرکزی، ۱۳۹۸)

سال	نرخ رسمی (ریال)	نرخ بازار غیررسمی (ریال)
۱۳۹۰	۱۰۹۶۲	۱۳۵۶۸
۱۳۹۱	۱۲۲۶۰	۲۶۰۵۹
۱۳۹۲	۲۱۲۵۳	۳۱۸۳۹
۱۳۹۳	۲۶۵۰۹	۳۲۸۰۱
۱۳۹۴	۲۹۵۸۰	۳۴۵۰۱
۱۳۹۵	۳۱۳۸۹	۳۶۴۴۰
۱۳۹۶	۳۴۲۱۴	۴۰۴۵۳

نتایج و بررسی

در این بخش نتایج برآورد خسارت‌ها از سه روش ارزش زندگی آماری، ارزش یک سال زندگی و روش اسلامی دیه تشریح شده است. بررسی روند زمانی خسارت‌ها در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ ارائه شده و ارتباط آن با غلظت تحلیل شده است.

ارزش زندگی آماری (VSL)

مطابق محاسبات جدول ۵، VSL برای ایران برابر ۳۸۱,۲۱۲ دلار به دست آمده است. با فرض یکسان بودن VSL در سراسر ایران و تهران، با داشتن تعداد مرگ‌ومیر منتسب به $PM_{2.5}$ در تهران و ضرب کردن این تعداد در VSL، برآوردی از خسارت‌های ناشی از مرگ‌ومیر حاصل شده و با افزودن ۱۰ درصد بابت هزینه‌های بیماری، خسارت‌های مرگ‌ومیر و بیماری منتسب به $PM_{2.5}$ برآورد شد.

VSL = ارزش زندگی آماری؛ OECD = سازمان کشورهای همکاری و توسعه؛ GDP = تولید ناخالص داخلی؛ PPP = برابری قدرت خرید

با استفاده از رویکرد VSL، برآورد می‌شود که سطوح آلودگی $PM_{2.5}$ تهران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، خسارت ۳/۱ و ۲/۷ میلیارد دلار در سال را نسبت به پایین‌ترین سطح آلودگی (غلظت سالیانهٔ ۲/۴ میکروگرم در مترمکعب) ایجاد کرده است. سهم هریک از علل مرگ در خسارت‌های بهداشتی منتسب به $PM_{2.5}$ در جدول ۶ و نمودار شکل ۲ ارائه شده است.

برآورد خسارت‌ها، به شناخت کافی و انتخاب روش‌های مؤثر و عدم قطعیت‌های مربوطه وابسته است. در این مطالعه برای تعیین VSL به‌عنوان واحد ارزش‌گذاری هر زندگی که می‌تواند در برابر تأثیرات $PM_{2.5}$ نجات یابد، از VSL کشورهای OECD و تعدیل آن با میانگین درآمد ملی، استفاده شد. VSL برای ایران برابر با ۳۸۱،۲۱۲ دلار آمریکا برآورد شد و با ضرب کردن در تعداد مرگ‌ومیر برآوردشده بر اساس GEMM یعنی حدود ۶۴۰۰ در سال ۱۳۹۷، خسارت‌های تأثیرات بهداشتی $PM_{2.5}$ برابر ۲/۹ میلیارد دلار در سال برآورد شد. در مطالعهٔ اخیر(هگر[31] و همکاران، ۲۰۱۸)، میزان مرگ‌ومیر قابل پیشگیری با کاهش غلظت $PM_{2.5}$ محیط و استفاده از تابع IER برای تهران برآورد شده است. در آن مطالعه، خسارت‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در تهران حدود ۲/۶ میلیارد دلار در سال تخمین زده و ۴۹۵،۰۰۰ دلار آمریکا به‌عنوان VSL برای ایران فرض شده و ۱۰ درصد به‌عنوان بیماری اضافه شده

31 Heger

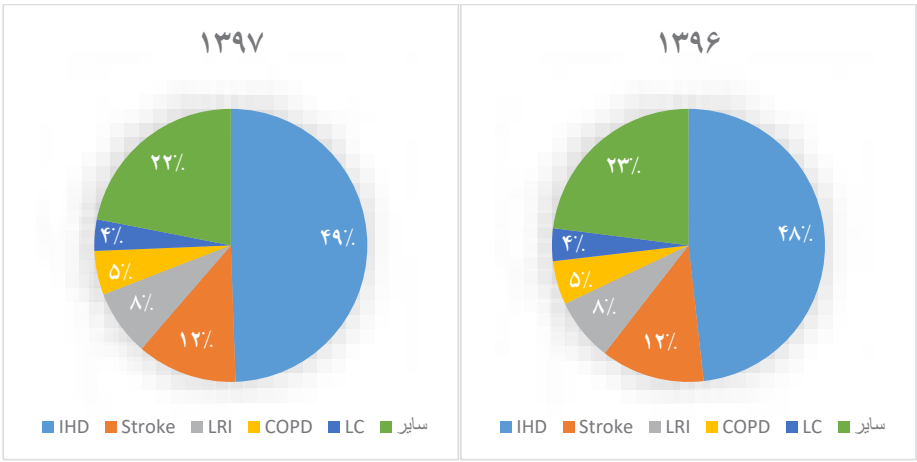
جدول ۵. برآورد VSL ایران بر اساس VSL کشورهای OECD و نسبت سرانهٔ تولید ناخالص داخلی

پارامتر	مقدار	واحد	منبع
VSL_{OECD}	US$ ۳,۸۳۲,۸۴۳	US$, PPP	(نارین و سل، ۲۰۱۶)
Y_{Iran}	سرانهGDP US$ ۵,۵۹٤	US$ - ۲۰۱۷	(سایت بانک جهانی، ۲۰۱۸)
Y_{OECD}	سرانهGDP US$ ۳۸,۲۸۳	US$ - ۲۰۱۷	(سایت بانک جهانی،۲۰۱۸)
VSL_{Iran}	US$ ۳۸۱,۲۱۲	US$, PPP	US$ ۳,۸۳۲,۸٤۳ × [US$۵,۵۹٤/ US$۳۸,۲۸۳]$^{۱/۲}$

جدول ۶. برآورد خسارت‌های بهداشتی منتسب به $PM_{2.5}$ تهران طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ براساس VSL

روش	سال	۱۳۹۶			۱۳۹۷		
	علت مرگ	متوسط	صدک ۲/۵	صدک ۹۷/۵	متوسط	صدک ۲/۵	صدک ۹۷/۵
GEMM	Stroke	۳۸۵	۳۰۰	۴۳۸	۳۲۳	۲۵۲	۳۶۸
	COPD	۱۵۷	۱۱۷	۱۸۲	۱۳۶	۱۰۱	۱۵۷
	IHD	۱۴۸۹	۱۴۳۷	۱۵۲۴	۱۳۲۷	۱۲۸۲	۱۳۵۸
	LRI	۲۲۸	۱۷۷	۲۵۳	۲۰۶	۱۵۸	۲۳۰
	LC	۱۱۹	۱۰۲	۱۲۹	۱۰۴	۸۹	۱۱۳
	NCD+LRI	۳۰۹۴	۲۸۶۶	۳۲۵۷	۲۶۹۱	۲۴۸۱	۲۸۳۲

(واحد پولی: میلیون دلار در سال)



شکل ۲. سهم علل مرگ در خسارت‌های بهداشتی منتسب به $PM_{2.5}$ در تهران بر اساس VSL

است. بنابراین، با محاسبهٔ معکوس، به نظر می‌رسد در آن مطالعه، تعداد موارد مرگ منتسب به آلودگی هوای تهران ۴۷۷۵ فرض شده که به صورت شفاف بیان نشده است.

ارزش یک سال زندگی (VOLY)

خسارت‌های مرگ‌ومیر و بیماری منتسب به $PM_{2.5}$، مبتنی بر روش $VOLY_{IRAN}$ نیز تعیین شده است. VOLY معادل یک برابر سرانهٔ تولید ناخالص داخلی یعنی ۵,۵۹۴ دلار فرض شد(بانک جهانی، ۲۰۱۶). با داشتن تعداد سال‌های زندگی ازدست‌رفته به علت مواجهه با هوا و افزودن ۱۰ درصد بابت هزینه‌های ابتلا به بیماری، خسارت‌های مرگ‌ومیر و بیماری منتسب به $PM_{2.5}$ برای سال‌های مختلف به دست می‌آید.

تعداد سال‌های زندگی ازدست‌رفته به علت مواجهه با آلودگی هوا در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به‌ترتیب برابر ۱۱۹،۶۰۳ و ۱۰۴،۶۵۱ به دست آمد. بنابراین با افزودن ۱۰ درصد بابت هزینه‌های ابتلا به بیماری،

جدول ۷. برآورد خسارت‌های بهداشتی منتسب به bayat-re@Tehran.ir تهران از سه روش VOLY ،VSL و دیه

سال	۱۳۹۶	۱۳۹۷
غلظت $PM_{2.5}$ وزن‌دهی‌شده با جمعیت	۳۱/۸	۲۶/۲
مرگ‌های منتسب به $PM_{2.5}$	۷۳۷۷	۶۴۱۸
برآورد خسارت‌ها بر اساس روش VSL (میلیون دلار)	۳،۰۹۴	۲،۶۹۱
سال‌های ازدست‌رفته منتسب به $PM_{2.5}$	۱۱۹،۶۰۳	۱۰۴،۶۵۱
برآورد خسارت‌ها بر اساس روش VOLY (میلیون دلار)	۷۳۶	۶۴۴
نرخ دیه (میلیون ریال)	۲،۱۰۰	۲،۳۱۰
دیه ماه حرام	۲،۸۰۰	۳،۰۸۰
دیه معادل	۲،۳۳۳	۲،۵۶۷
دیهٔ معادل‌شده در انتهای سال	۲،۵۶۷	۳،۰۰۰
میانگین قیمت دلار آزاد (ریال)	۴۰،۴۵۳	۱۵۱،۵۰۰
قیمت جان (دلار آزاد)	۶۳،۴۴۸	۱۹،۸۰۲
برآورد خسارت‌ها بر اساس روش دیه (میلیون دلار آزاد)	۵۱۵	۱۴۰
میانگین قیمت دلار رسمی (ریال)	۳۴،۲۱۴	۴۲،۰۰۰
قیمت جان به (دلار رسمی)	۷۵،۰۱۸	۷۱،۴۲۹
برآورد خسارت‌ها بر اساس روش دیه (میلیون دلار رسمی)	۶۰۹	۵۰۴

خسارت‌های مرگ‌ومیر و بیماری منتسب به $PM_{2.5}$، در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ با استفاده از این روش به‌ترتیب برابر ۰/۷۳۶ (۰/۸۵۵-۰/۶۱۲: ٪۹۵ CI) و ۰/۶۴۴ (۰/۷۵۰-۰/۵۳۴: ٪۹۵ CI) میلیارد دلار برآورد شده است.

استفاده از پارامتر سال‌های ازدست‌رفتهٔ عمر (YLL) به‌عنوان شاخص ارزیابی آثار سلامتی، روش مکمل برای تخمین بار بیماری را فراهم می‌کند. مزیت اصلی YLL این است که هر دو مرگ زودرس و امید زندگی، در برآورد تعداد مرگ در نظر گرفته می‌شود. این روش به‌ویژه در مقایسه با بار مرگ ناشی از عوامل خطری که الگوهای سنی متفاوتی در مرگ دارند، جذابیت بیشتری دارد؛ به طور مثال مرگ‌ومیر ناشی از حوادث ترافیکی (اغلب جوانان) و مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا (بیشتر از افراد مسن) الگوی سنی متفاوتی دارد و به‌طور خلاصه، خسارت یک مرگ ناشی از تصادف با یک مرگ ناشی از آلودگی هوا با هم برابر نیستند.

به‌عنوان یک رویکرد دوم برای ارزیابی خسارت، در این مطالعه یک VOLY معادل یک برابر سرانهٔ GDP انتخاب شد و در YLL ضرب شد. تخمین بر اساس سال زندگی به‌طور مشخصی کمتر از روش قبلی شد، زیرا بیشتر مرگ‌ومیرها در سن نسبتاً بیشتر اتفاق می‌افتد؛ به طوری که هر مرگ، سال‌های قابل زندگی کمی را از بین می‌برد. بیشتر محققان یک VSL را به‌عنوان ارزش زندگی در ابتدای عمر فرض می‌کنند و این به معنای امید زندگی بیش از ۸۰ سال است که تفاوت در نتایج را قابل تفسیر می‌کند.

روش اسلامی دیه

با توجه به داشتن نرخ دیهٔ سال‌های گذشته و میانگین‌گیری وزنی برای لحاظ کردن ماه‌های حرام، میانگین وزنی دیه برآورد می‌شود؛ به طور نمونه برای سال ۱۳۹۷، دیه متوسط برابر است با:

میلیون تومان ۲۵۶/۶ = ۳۰۸ × ۱/۳ + ۲۳۱ × ۲/۳

این نرخ دیه در انتهای سال ۱۳۹۶ برآورد شده و بنابراین مطابق شرایط سال ۱۳۹۶ است و برای تبدیل آن به دلار، در صورت تبدیل این نرخ با نرخ دلار آزاد سال ۱۳۹۶، قیمت معادل دیه برحسب دلار آمریکا و برای سال ۱۳۹۶ برابر است با:

دلار آمریکا ۶۳۴۴۸ = ۴۰۴۵/۳ / ۱۰^{۶} × ۲۵۶/۶

با داشتن قیمت معادل دیه از روش یادشده و افزودن ۱۰ درصد بابت هزینه‌های ابتلا به بیماری برای سال‌های مختلف و همچنین، با داشتن تعداد مرگ‌ومیر منتسب به $PM_{2.5}$ در هرسال، خسارت‌های بهداشتی منتسب به $PM_{2.5}$ از این روش برآورد می‌شود. به طور مثال، تعداد مرگ‌ومیر منتسب به $PM_{2.5}$ تهران برای سال ۱۳۹۶ برابر ۷۳۷۷ نفر بوده و خسارت‌ها این طور برآورد می‌شود:

دلار آمریکا ۵۱۵ = ۱۰^{۶} / (۱/۱) × ۶۳۴۴۸ × ۷۳۷۷

محاسبات در جدول ۷ ارائه شده است.

مزایای برآوردنشدهٔ افزایش کیفیت هوا

ارزیابی تأثیرات و خسارت‌های مطالعهٔ حاضر، فقط شامل برخی علل بیماری و مرگ است. طیف وسیعی از پیامدهای بهداشتی دیگر منتسب به آلودگی هوا طی عمر کم نیستند؛ به طور مثال، برنت و همکاران. (۲۰۱۲) بار و خسارت‌های منتسب به آلودگی هوا در مورد آسم در کودکان را بررسی کرده‌اند که در محاسبات مقالهٔ حاضر در نظر گرفته نشده است(برنت[۳۲] و همکاران،۲۰۱۲). علاوه بر این، پیامدهای ثانویهٔ تهدیدهای بهداشتی آلودگی هوا مانند عدم حضور در مدرسه یا کار در برآوردها گنجانده نشده است. به طور مثال، در اواسط نوامبر ۲۰۱۶، مدارس تهران در چند روز به علت آلودگی هوا تعطیل بودند. این نه‌تنها بر برنامهٔ درسی دانش‌آموزان،

32 Brandt

بلکه بر بهره‌وری والدینشان که بعضی از آن‌ها مجبور بودند برای نگهداری از فرزندانشان در خانه بمانند، تأثیر منفی گذاشت (هگر و صراف،۲۰۱۸). همچنین تأثیرات بهداشتی غیرکشنده در بزرگسالان مانند تشدید آسم و سایر بیماری‌های تنفسی مزمن (که ممکن است به‌نوبهٔ خود بر توانایی فرد در کار یا مشارکت در فعالیت‌های روزمرهٔ معمولی مؤثر باشد) که می‌تواند بر سلامتی و اقتصاد جامعه و خدمات اجتماعی تأثیر بسیار درخور توجهی بگذارد، به‌طور کامل در رویکرد این مطالعه لحاظ نشده و فقط ۱۰ درصد هزینه‌های مرگ‌ومیر، در تلاش برای برآورد بخشی از هزینه‌های تحمیل‌شده به جامعه، به خسارت‌ها افزوده شده است.

مثال دیگری از لحاظ نشدن خسارت‌های کامل وارد بر سلامت کودکان در مطالعه لیوید[۳۳] و همکاران قابل مشاهده است. بر اساس مطالعات اخیر آن‌ها، عفونت حاد سیستم تنفسی تحتانی منتسب به آلودگی هوای آزاد، حدود ۵ درصد از مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا و ۱۸ درصد از کاهش امید زندگی در سراسر جهان را تشکیل می‌دهند(لیوید و همکاران، ۲۰۱۸). این در حالی است که روش GEMM که در این مطالعه استفاده شد، تنها بر مرگ‌ومیر بزرگسالان متمرکز بود. بنابراین، دست‌کم گرفته شدن مرگ‌ومیر منتسب به آلودگی هوا در دوران کودکی، در نتایج این مطالعه وجود دارد.

نتیجه‌گیری

اصلی‌ترین خسارت آلودگی هوا، آثار منفی آن بر سلامت انسان و به‌خصوص مرگ‌ومیر منتسب است. در مقالات قبل با استفاده از آخرین روابط میزان مواجهه با $PM_{2.5}$ و تغییر مرگ‌ومیر منتسب به آن و همچنین، جمع‌آوری کلیهٔ داده‌های مورد نیاز همچون توزیع جمعیت مکانی و زمانی و توزیع غلظت آلودگی، تعداد مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا تعیین شده بود و در این مقاله سعی در برآورد خسارت‌های آلودگی هوای شهر تهران شده است. نتایج به‌دست‌آمده تأثیر فراوان مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد بر سلامت عمومی در شهر تهران را تأیید می‌کند. بسته به انتخاب نوع مدل‌سازی، در سال ۱۳۹۷ حدود ۶۴۰۰ یا ۱۳/۵ درصد از کل مرگ‌ومیر، مربوط به این عامل خطر محیطی قابل پیشگیری است. این بار عظیم مرگ، به معنای خسارت‌های درخور توجه ۲/۷ میلیارد دلار یا ۴/۳ درصد از تولید ناخالص داخلی شهر بزرگ تهران است. این در حالی است که در سال ۱۳۹۷، به‌واسطهٔ شرایط جوی و سیاست‌های مدیریت کیفیت هوا، شاهد کاهش ۱۸ درصد غلظت آلودگی $PM_{2.5}$ بوده‌ایم که منجر به کاهش ۹۶۰ مرگ منتسب به این آلودگی شده است. تعداد مرگ‌ومیر و خسارت‌های درخور توجه محاسبه‌شده منتسب به آلودگی هوای تهران کافی است که توجه دولت و سیاست‌گذاران مدیریت این کلان‌شهر را جلب کند. صرفه‌جویی درخور توجهی در هزینه‌ها، از طریق راه‌حل‌های مؤثر و پایدار کاهش آلودگی هوا قابل حصول است. دانش حاصل از این مطالعه می‌تواند در شکل‌گیری و اولویت‌بندی سیاست‌های عمومی قوی‌تر به منظور بهبود کیفیت هوا موردتوجه قرار گیرد.

33 Lelieveld

منابع

اسماعیل آیتی. (۱۳۸۱). هزینه تصادفات ترافیکی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد.

بانک مرکزی. (۱۳۹۸). نرخ برابری ارزها. https://tsd.cbi.ir/Display/Content.aspx

شرکت کنترل کیفیت هوا. (۱۳۹۸). برگرفته از لینک http://airnow.tehran.ir/home/home.aspx

AirVisual. (2019). 2018 WORLD AIR QUALITY REPORT, Region & City PM2.5 Ranking. https://www.airvisual.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2018-en.pdf

Apte, J. S., Marshall, J. D., Cohen, A. J., & Brauer, M. (2015). Addressing Global Mortality from Ambient PM2.5. Environmental Science & Technology, 49(13), 8057–8066.

Bayat, R, Ashrafi, K., Shafiepour Motlagh, M., Hassanvand, M., & Daroudi, R. (2019). Estimation of Tehran's particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter (PM2.5) health effects, using BenMAP-CE. Ijhe, 12(3), 365–382.

Bertram, M. Y., Lauer, J. A., De Joncheere, K., Edejer, T., Hutubessy, R., Kieny, M.-P., & Hill, S. R. (2016). Cost-effectiveness thresholds: Pros and cons. Bulletin of the World Health Organization, 94(12), 925–930. PubMed.

Brajer, V., Hall, J., & Rahmatian, M. (2012). Air pollution, its mortality risk, and economic impacts in Tehran, iran. Iranian Journal of Public Health, 41(5), 31.

Brandt, S. J., Perez, L., Kunzli, N., Lurmann, F., & McConnell, R. (2012). Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities. The European Respiratory Journal, 40(2), 363–370.

Burnett, R., Chen, H., Szyszkowicz, M., Fann, N., Hubbell, B., Pope, C. A., Apte, J. S., Brauer, M., Cohen, A., Weichenthal, S., Coggins, J., Di, Q., Brunekreef, B., Frostad, J., Lim, S. S., Kan, H., Walker, K. D., Thurston, G. D., Hayes, R. B., … Spadaro, J. V. (2018). Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(38), 9592.

Chiabai, A., Spadaro, J. V., & Neumann, M. B. (2018). Valuing deaths or years of life lost? Economic benefits of avoided mortality from early heat warning systems. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 23(7), 1159–1176.

Health Effects Institute. (2019). State of Global Air 2019. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soga_2019_fact_sheet.pdf

Heger, M., & Sarraf, M. (2018). Air Pollution in Tehran: Health Costs, Sources, and Policies.

Hunt, A., & Ferguson, J. (2010). A review of recent policy-relevant findings from the environmental health literature.

Hunt, A., Ferguson, J., Hurley, F., & Searl, A. (2016). Social Costs of Morbidity Impacts of Air Pollution.

Institute for Health Metrics and Evaluation. (n.d.). (https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/

Krewski, D., Jerrett, M., Burnett, R. T., Ma, R., Hughes, E., Shi, Y., Turner, M. C., Pope, C. A., 3rd, Thurston, G., Calle, E. E., Thun, M. J., Beckerman, B., DeLuca, P., Finkelstein, N., Ito, K., Moore, D. K., Newbold, K. B., Ramsay, T., Ross, Z., … Tempalski, B. (2009). Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. Res Rep

implications for estimating the global burden of disease. Air Quality, Atmosphere, & Health, 6(1), 69–83. PMC. Narain, U., & Sall, C. (2016). Methodology for valuing the health impacts of air pollution: Discussion of challenges and proposed solutions. World Bank.

Nasari, M. M., Szyszkowicz, M., Chen, H., Crouse, D., Turner, M. C., Jerrett, M., Pope, C. A., Hubbell, B., Fann, N., Cohen, A., Gapstur, S. M., Diver, W. R., Stieb, D., Forouzanfar, M. H., Kim, S.-Y., Olives, C., Krewski, D., & Burnett, R. T. (2016). A class of non-linear exposure-response models suitable for health impact assessment applicable to large cohort studies of ambient air pollution. Air Quality, Atmosphere & Health, 9(8), 961–972.

Pope, C. A., 3rd, Burnett, R. T., Krewski, D., Jerrett, M., Shi, Y., Calle, E. E., & Thun, M. J. (2009). Cardiovascular mortality and exposure to airborne fine particulate matter and cigarette smoke: Shape of the exposure-response relationship. Circulation, 120(11), 941–948.

Pope, C. A., 3rd, Burnett, R. T., Turner, M. C., Cohen, A., Krewski, D., Jerrett, M., Gapstur, S. M., & Thun, M. J. (2011). Lung cancer and cardiovascular disease mortality associated with ambient air pollution and cigarette smoke: Shape of the exposure-response relationships. Environ Health Perspect, 119(11), 1616–1621.

Statistical Center of Iran. (2016). https://www.amar.org.ir

van Zoest, V. M., Stein, A., Hoek, G., Air, & Pollution, S. (2018). Outlier Detection in Urban Air Quality Sensor Networks. 229(4), 111.

World Bank. Iran—Energy: Environment Review Policy Note. Washington, DC. © World Bank.

Health Eff Inst, 140, 5–114; discussion 115-36.

Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. (Nil), Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J. I., Breysse, P. N., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A. M., Cropper, M. L., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines, A., … Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet, 391(10119), 462–512

Lelieveld, J., Haines, A., & Pozzer, A. (2018). Age-dependent health risk from ambient air pollution: A modelling and data analysis of childhood mortality in middle-income and low-income countries. The Lancet Planetary Health, 2(7), e292–e300.

Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., Amann, M., Anderson, H. R., Andrews, K. G., Aryee, M., Atkinson, C., Bacchus, L. J., Bahalim, A. N., Balakrishnan, K., Balmes, J., Barker-Collo, S., Baxter, A., Bell, M. L., Blore, J. D., … Memish, Z. A. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. Lancet, 380(9859), 2224–2260.

Marseille, E., Larson, B., Kazi, D. S., Kahn, J. G., & Rosen, S. (2015). Thresholds for the cost-effectiveness of interventions: Alternative approaches. Bulletin of the World Health Organization, 93(2), 118–124. PubMed.

Mehta, S., Shin, H., Burnett, R., North, T., & Cohen, A. J. (2013). Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: A systematic review and

Urban Economics and Planning

Homepage: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Economic Analysis of the Cost of Deaths Due to Air Pollution in Tehran

Reza Bayat[*1], Rajabali Daroudi[2] , Mohammad Sadegh Hassanvand[3]

[1] *Management of City Services and Environmental Studies, Tehran Urban Planning and Research Center, Tehran Municipality, Tehran, Iran*
[2] *Health management and economics department, School of public health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[3] *Center for Air Pollution Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

ARTICLE INFO

Article History:
Received 2020-06-14
Accepted 2020-08-08

Keywords:
cost of air pollution
Tehran
Cost of death
PM2.5

ABSTRACT

The main cost of air pollution is its negative effects on human health, especially attributed mortality. In this paper, using the latest PM2.5 exposure functions and the attributed mortality change, as well as collecting all the required data (such as spatial and temporal population distribution and pollution concentration distribution), the cost of air pollution in Tehran have been estimated.

There are several approaches to calculating the costs of air pollution as well as valuing the deaths associated with air pollution, and each of these approaches has advantages and disadvantages. In this study, which is a continuation of previous studies of the authors to determine the concentrations and number of deaths attributed to air pollution in Tehran, describing three different methods of Value of a Statistical Life (VSL), Value of a Life Year (VOLY) and Islamic Diya, The health damages caused by air pollution in Tehran on citizens have been estimated for 1396 and 1397.

Based on the scenario of decreasing the annual average of PM2.5 and reaching the minimum concentration of 2.4 µg/m3, 7377 (95% CI: 6126-8581) premature deaths in adults in 1396 can be attributed to PM2.5 air pollution in Tehran. This estimate for 1397 is equal to 6418 (95% CI: 5918-6753). The Value of a Statistical Life (VSL) for Iran is estimated at $ 381,212.

Using the VSL approach, it is estimated that the levels of PM2.5 pollution in Tehran in 1396 and 1397, caused damages of 3.1 and 2.7 billion dollars per year, respectively. This estimate was calculated based on the VOLY method equal to 0.736 and 0.644 billion dollars and based on the Islamic Diya method at 0.609 and 0.504 billion dollars, respectively.

DOI: 10.22034/UE.2020.09.03.06

©2020 Urban Economics and Planning. All rights reserved.

COPYRIGHTS

©2020 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Bayat R., Daroudi RA. , HassanvandMS. (2020). Economic Analysis of the Cost of Deaths Due to Air Pollution in Tehran. Urban Econ. Plann., 1(3): 188-197.

DOI: 10.22034/UE.2020.09.03.06

url: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/article_115586.html

*Corresponding Author: Email: *bayat-re@tehran.ir*