Archive of SID

محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٠، شمارهٔ ١، بهار ١٣٩٣، صفحهٔ ٢٥٤-٢٤٧

برآورد هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در اصفهان

غلامحسین کیانی*[1]، فاطمه یاری[2]، هادی امیری[3]

۱. استادیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان

fateme.yari_90@yahoo.com

۳. استادیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان h.amiri@ui.ase.ir

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۸/۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۹/۳۰

چکیده

به تازگی آلودگی هوا به یکی از مشکلات اصفهان تبدیل شده است. آلودگی هوا در این شهر هزینه‌های اجتماعی متعددی از جمله افزایش مرگ‌ومیر را همراه داشته است. هدف این پژوهش تفکیک آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر، برآورد تعداد مرگ‌ومیر ناشی از آلود گی هوا، محاسبهٔ کشش بلندمدت مرگ‌ومیر نسبت به آلودگی هوا و در نهایت برآورد هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در اصفهان بوده است. به این منظور ابتدا با استفاده از الگوی ARMAX ارتباط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین آلودگی هوا و تعداد مرگ‌ومیر روزانه در اصفهان طی دورهٔ زمانی ۱۳۸۹- ۱۳۹۰ تبیین شد. سپس، ضمن محاسبهٔ ضریب ریسک نسبی، سهم مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا از کل تعداد مرگ‌ومیر روزانهٔ غیرسوانح تفکیک شد. در نهایت با احتساب نرخ دیه در سال ۱۳۹۰ به‌منزلهٔ تقریبی از ارزش زندگی، هزینه‌های اجتماعی مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا برآورد شد. نتایج نشان می‌دهند، سطح آلودگی هوا در کوتاه‌مدت و بلندمدت به طور معناداری با تعداد روزانهٔ مرگ‌ومیر ارتباط دارد. آلودگی هوا در این شهر به افزایش سالانهٔ 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 (AQI) میزان مرگ‌ومیر در بلندمدت ۰/۱۲۳ درصد افزایش می‌یابد. همچنین، هزینهٔ سالانهٔ مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا ۳۴۶ میلیارد ریال برآورد شد. البته باید توجه داشت که ارزش به‌دست‌آمده گویای تمامی هزینه‌های مرگ‌ومیر نیست، زیرا ارزش واقعی حیات انسان را نمی‌توان بر حسب پول اندازه‌گیری کرد و مقادیر برآوردشده تقریبی از آن است.

کلیدواژه

آلودگی هوا، الگوی ARMAX، اصفهان، هزینه‌های مرگ‌ومیر.

۱. سرآغاز

امروزه آلودگی هوا از مسائل عمدهٔ شهرهای بزرگ جهان محسوب می‌شود و به یکی از چالش‌های اصلی مدیریتی کشورها تبدیل شده است. طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت در هر سال ۳ میلیون نفر در اثر آلودگی هوا می‌میرند و افراد زیادی از بیماری‌های ناشی از آن رنج می‌برند (Samakovlis, 2005). در سال‌های اخیر مسئلهٔ آلودگی هوا در کلان‌شهر اصفهان به بحران جدی تبدیل شده است. اصفهان (از بزرگ‌ترین شهرهای ایران) یکی از کلان‌شهرهای آلودهٔ دنیاست که پس از تهران مقام دوم آلودگی را در ایران به خود اختصاص داده است (ضرابی، ۱۳۸۹). مسئلهٔ پیچیدهٔ آلودگی هوای اصفهان در اثر عوامل مختلفی در چند دههٔ اخیر به شکل حاضر درآمده است. سکون طولانی‌مدت و حرکات نزولی هوا، نبود باد در سطح زمین، شرایط کوهستانی و دره‌ای یا بروز مه در لایهٔ وارونگی، موانع شهری و استقرار ساختمان‌های بلند که

* نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۳۱۱-۷۹۳۵۲۴۸ Email: gh.kiani@ui.ase.ir

www.SID.ir

Archive of SID

بدون توجه به جهت وزش باد غالب هر شهر احداث شده‌اند، تولید آلاینده‌های شهری و صنعتی در وقوع بیشتر رخدادهای حاد آلودگی هوا مؤثر است (شیشه‌فروش و همکاران، ۱۳۹۰).

مطالعات در محدودهٔ اصفهان نشان می دهند که از مجموع کل آلاینده‌های روزانهٔ واردشده به اصفهان ۱۳ درصد متعلق به صنایع شهری، ۱۱ درصد مربوط به منابع خانگی، ۷۶ درصد مربوط به منابع آلوده کنندهٔ ناشی از ترافیک در اصفهان است و اتومبیل‌های بنزینی دارای چهار موتور و موتورسیکلت ها، مهم ترین عامل آلودگی هوای اصفهان به شمار می‌روند (ضرابی و همکاران، ۱۳۸۹).

هدف این پژوهش برآورد هزینه‌های مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در اصفهان است. در مطالعات متعددی هزینه‌های ناشی از آلودگی هوا بر سلامت و مرگ‌ومیر بررسی شده است. Perez و همکاران (2009) در مطالعه‌ای منافع سلامتی و اقتصادی ناشی از بهبود کیفیت هوا در ۵۷ منطقهٔ شهری در کلان‌شهر بارسلون را برآورد کردند. در این مطالعه منافع سلامتی مورد نظر با استفاده از جداول عمر، که بر اساس توابع دز- واکنش منتشر شده است، اندازه‌گیری شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهند کاهش میانگین غلظت آلایندهٔ PM_{10} از سطح کنونی (۵۰ میلی‌گرم بر متر مکعب) به سطح میانگین سالانهٔ استاندارد سازمان جهانی بهداشت (۲۰ میلی‌گرم بر متر مکعب)، موجب کاهش سالانهٔ ۳۵۰۰ مورد مرگ، ۱۸۰۰ مورد مراجعات بیمارستانی بیماران قلبی- عروقی، ۵۱۰۰ مورد برونشیت مزمن بزرگسالان، ۳۱ هزار و ۱۰۰ مورد برونشیت حاد بین کودکان و ۵۴۰۰۰ مورد حملات آسم کودکان و بزرگسالان می‌شود که میانگین کل منافع اقتصادی آن ۶۴۰۰ میلیون یورو در سال است. همچنین، منافع کاهش غلظت آلایندهٔ PM_{10} به سطح میانگین سالانهٔ اتحادیهٔ اروپا (۴۰ میلی‌گرم بر متر مکعب) تقریباً یک‌سوم این منافع برآورد شده است.

Huang and Zhang (2011) زیان اقتصادی ناشی از آثار آلایندهٔ ذرات معلق در سلامتی در منطقهٔ دلتای رودخانهٔ پیرل چین را برآورد کردند. در این مطالعه خسارت سلامتی ناشی از آلایندهٔ ذرات معلق در سال ۲۰۰۶، ۲۹ بیلیون یوان چین برآورد شده است.

در مطالعهٔ Chowdhury and Imran (2010) منافع کاهش آلودگی هوا در داکا، پایتخت بنگلادش، با استفاده از روش هزینهٔ بیماری برآورد شده است. منافع سالانهٔ کاهش آلودگی هوا به سطح استاندارد ملی ۸۸/۱ دلار برای هر نفر از محل درآمدهای از دست رفته و ۲/۱۵ دلار برای هر نفر از محل کاهش مخارج درمانی برآورد شده است. جمع این منافع برای کل جمعیت داکا ۳۴/۰۹ میلیون دلار برآورد شده است.

Brajer and Rahmatian (2012) در مطالعه‌ای با هدف برآورد کاهش در ریسک مرگ‌ومیر ناشی از کاهش ذرات معلق در تهران نشان دادند که اگر متوسط سالانهٔ آلایندهٔ ذرات معلق به سطح استاندارد سازمان جهانی بهداشت برسد، ریسک مرگ‌ومیر برای جمعیت بالای ۳۰ سال از ۸/۲ در ۱۰۰۰ به ۷/۴ در ۱۰۰۰ کاهش خواهد یافت که منافع اقتصادی ناشی از این کاهش ریسک ۳۷۸/۵ میلیون دلار خواهد بود.

Maddison (2006) با استفاده ازالگوی ARMAX[1] ارتباط بین مرگ‌ومیر و آلودگی هوا در منچستر را بررسی کرد. نتایج نشان داده است که مقدار آلایندهٔ ازن ارتباط معناداری با تعداد مرگ‌ومیر روزانه دارد. از تعداد ۲۱ هزار و ۲۰۰ مرگ رخ‌داده طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۲ در منچستر، ۸۶۸ مورد مرگ ناشی از آلودگی هوا برآورد شده است. در این مطالعه با احتساب ارزش طول عمر آماری معادل ۱ میلیون دلار، هزینهٔ سالانهٔ مرگ‌ومیر ناشی از آلایندهٔ ازن برای منچستر با جمعیت ۲/۶ میلیون نفر ۵۷۲ میلیون پوند برآورد شده است.

Quah and Liam boon (2003) با استفاده از تابع دز- واکنش، مرگ و میر و بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا در سنگاپور را برآورد کردند. در این مطالعه پس از تبیین آثار آلودگی هوا در مرگ‌ومیر و بیماری‌ها، ارزش اقتصادی این

www.SID.ir

Archive of SID

آثار در قالب طول عمر آماری و هزینهٔ بیماری برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهند که این هزینه‌ها ٤/٣١ درصد تولید ناخالص داخلی سنگاپور در سال ۱۹۹۹ بوده‌اند.

در مطالعهٔ حسینی و مزرعتی (۱۳۸۳) هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت های فسیلی بر سلامت ساکنان تهران در سال ۱۳۸۰ بر اساس روش بیمهٔ عمر حدود ٦/٥ میلیارد ریال و بر اساس روش درآمد ٤٥٨ میلیارد ریال برآورد شده است. پیش بینی شده است این هزینه ها به قیمت های اسمی به بیش از ۹۰۰۰ میلیارد ریال در سال ۱۳۹۰ افزایش یابد.

فرسیابی (۱۳۸۲) آثار خارجی و اقتصادی آلودگی هوای تهران در سلامت شهروندان را به وسیلهٔ روش‌های ارزش‌گذاری مشروط، انتقال منافع و جداول ریسک مرگ و میر در اثر آلاینده‌ها تخمین زده است. نتایج به‌دست‌آمده از روش ارزش‌گذاری مشروط نشان می‌دهد به طور متوسط هر فرد حاضر است سالانه ۷۵ هزار و ۹۵۰ ریال برای کاهش آلودگی از سطح خطرناک به سطح سالم بپردازد که در مجموع برای کل تهران معادل ۱۸۳۰ میلیارد ریال در سال خواهد شد. همچنین، با استفاده از روش انتقال منافع مشخص شد که شهروندان تهرانی هر سال ۲۸ هزار و ۹۹۰ میلیارد ریال از آلودگی هوا زیان می‌بینند که ۸۰ درصد آن ناشی از خسارت وارده بر سلامتی است. استفاده از جداول ریسک مرگ و میر نیز نشان می‌دهد که خسارات سالانهٔ آلودگی هوای تهران بیش از ۲ درصد تولید ناخالص داخلی کشور است.

در مطالعهٔ حاضر برای بررسی رابطهٔ بین مرگ‌ومیر و آلودگی هوا در اصفهان از الگوی ARMAX استفاده شده است که در ادامه تشریح می‌شود. پس از آن در قسمت نتایج تجربی با استفاده از نتایج تخمین الگو به بررسی آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر، همچنین کشش بلندمدت مرگ‌ومیر نسبت به آلودگی هوا و برآورد هزینه‌ها پرداخته می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. الگوی ARMAX برای بررسی آثار آلودگی هوا در مرگ‌ومیر

آلودگی هوا دو اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت در مرگ‌ومیر افراد دارد. از یک سو موجب تسریع در مرگ افراد ناتوان جسمی، که امید به زندگی در آن‌ها کم است، می‌شود و از سوی دیگر به مرگ افرادی منجر می‌شود که در صورت نبود آلودگی مدت زیادی زنده می‌ماندند. Smith (2003) بیان می‌کند که اپیدمیولوژیست‌ها اثر جابه‌جایی زمانی در مرگ‌ومیر و بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا را پذیرفته و معتقدند اغلب بعد از افزایش جهش‌وار در تعداد مرگ‌ومیر به علت رویداد آلودگی هوا، کاهش جبرانی در تعداد مرگ‌ومیر مشاهده شده است.

در مطالعات تجربی برای بررسی ارتباط بین مرگ ومیر و بیماری‌ها با آلودگی هوا عمدتاً از توابع دز- واکنش و داده‌های سری زمانی استفاده می‌شود (Maddison, 2005; 2006). در این پژوهش‌ها عمدتاً آثار کوتاه‌مدت بررسی می‌شوند و به آثار بلندمدت توجه نمی‌شود. Maddison (2006) برای بررسی آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت آلودگی در مرگ‌ومیر استفاده از روش الگوسازی ARMAX را پیشنهاد می‌کند که در آن وقفه‌های نامحدود عکس‌العمل مرگ‌ومیر و بیماری‌ها نسبت به افزایش جهش‌وار در آلودگی هوا به طور قابل قبولی مدل‌سازی می‌شود.

فرایند ARMAX مانند ARMA معمولی است که شامل متغیرهای برون‌زاست. در مطالعهٔ حاضر به منظور بررسی رابطهٔ بلندمدت و کوتاه‌مدت بین تعداد مرگ‌ومیر روزانه در اصفهان از الگوی ARMAX زیر استفاده شد:

(۱)

$$(1+\theta_1 L+\theta_2 L^2)\,(\log(MORT) - SMOOTH90\,[\log(MORT)]) = a + (ß_1+ß_2 L+ß_3 L^2)AQI + (ß_4+ß_5 L+ß_6 L^2)TEMP + (1+\gamma_1 L+\gamma_2 L^2)e$$

که در آن MORT تعداد مرگ‌ومیر روزانهٔ غیرسوانح اصفهان، AQI شاخص روزانهٔ کیفیت هوا، که برای پنج آلایندهٔ اصلی هوا یعنی ذرات معلق، دی اکسید نیتروژن، ازن سطح زمین، کربن مونوکسید و گوگرد دی اکسید محاسبه

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود، TEMP میانگین روزانهٔ دما به درجهٔ سانتی‌گراد و L عملگر وقفه است. در این مدل فرض می‌شود جملهٔ خطای e توزیع نرمال دارد و پارامترهای θ_{1-2}، α، β_{1-6} و γ_{1-2} از روش حداکثر درستنمایی برآورد می‌شوند.

در این مطالعه برای کنترل آثار فصلی متغیر مرگ‌ومیر، از روش هموارسازی حداقل مربعات وزنی محلی (LOWESS)[۲] استفاده شد. بدین منظور تابع هموارکنندهٔ SMOOTH 90[log(RES)] وارد مدل شده است. عدد ۹۰ در تابع هموارکننده نشان می‌دهد که متغیر با پهنهٔ دورهٔ ۹۰ روز هموار شده است.

۲.۲. آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر و کشش بلندمدت مرگ‌ومیر نسبت به آلودگی هوا

ضریب متغیر آلودگی هوا در الگوی ۱ نشان‌دهندهٔ آثار کوتاه‌مدت است. اثر بلندمدت (LRE)[۳] سطح شاخص کیفیت هوا (AQI) در تعداد مرگ‌ومیر روزانه با استفاده از پارامترهای برآوردشده از الگوی ۱ (β_1، β_2، β_3، θ_1 و θ_2) و رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$LRE=(\beta_1+\beta_2+\beta_3)/(1+\theta_1+\theta_2) \qquad (۲)$$

این رابطه اثر بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر را مستقل از سایر عوامل اثرگذار نشان می‌دهد.

رابطهٔ کشش بلندمدت (LREL)[۴] مراجعات بیمارستانی نسبت به سطح شاخص کیفیت (AQI) از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$LREL= [(\beta_1 + \beta_2+ \beta_3) /1+ \theta_1 + \theta_2]AQI \qquad (۳)$$

که در آن AQI متوسط مقدار شاخص کیفیت هوا در سطح نمونه است.

با استفاده از رابطهٔ کشش می‌توان درصد تغییر در مرگ‌ومیر را در نتیجهٔ ۱ درصد تغییر در شاخص کیفیت هوا محاسبه کرد (مدیسون، ۲۰۰۵).

۳.۲. محاسبهٔ هزینهٔ اجتماعی

برای محاسبهٔ تعداد مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در t=0 ابتدا با استفاده از پارامترهای برآوردشدهٔ الگوی ۱، ریسک نسبی محاسبه می‌شود.

$$\text{ریسک نسبی} = \text{Exp}((\beta_1)\times AQI) \qquad (٤)$$

سپس، تعداد کل مرگ‌ومیر بر ریسک نسبی تقسیم می‌شود. تفاوت عدد حاصل از تقسیم و تعداد کل مرگ‌ومیر، تعداد مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا را به دست می‌دهد. ریسک نسبی در زمان t=1 طبق رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{ریسک نسبی} = \text{Exp}((\beta_2-\beta_1\times\theta_1)\times AQI) \qquad (۵)$$

بدین ترتیب مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا با دو وقفه محاسبه می‌شود (همان‌طور که بعداً ملاحظه می‌شود در این مطالعه اثر آلودگی تا دو وقفه معنی‌دار بوده است). برای برآورد ارزش مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا روش‌های متفاوتی مانند روش ارزش طول عمر آماری، روش بیمهٔ عمر، روش درآمد ازدست‌رفته و روش دیه وجود دارد. در این مطالعه از روش دیه برای محاسبهٔ ارزش اقتصادی مرگ ناشی از آلودگی هوا استفاده می‌شود. روش دیه تنها روش جبران خسارت غیرعمد در کشور است. مقدار ارزش در این روش متأثر از جنس متوفی است که از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$sc = p_1\times f_1+p_2\times f_2 \qquad (٦)$$

که در آن sc هزینهٔ اجتماعی ناشی از عمر ازدست‌رفته، p_1 دیهٔ مرد ایرانی، p_2 دیهٔ زن ایرانی، f_1 تعداد مردهای فوت‌شده در اثر آلودگی هوا، f_2 تعداد زن‌های فوت‌شده در اثر آلودگی هواست (حسینی و مزرعتی، ۱۳۸۳).

۳. نتایج تجربی

۱.۳. آمار و اطلاعات

دورهٔ زمانی مطالعه از ابتدای سال ۱۳۸۹ تا انتهای سال ۱۳۹۰ بوده است. داده‌های روزانهٔ مرگ‌ومیر غیرسوانح اصفهان از معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان جمع‌آوری شدند. اطلاعات مربوط به شاخص کیفیت هوا (AQI) از سازمان محیط‌زیست استان اصفهان و اطلاعات میانگین روزانهٔ دما از سازمان هواشناسی استان اصفهان جمع‌آوری شدند. نرم‌افزارهایی که در این مطالعه به کار رفتند Microfit و Stata بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرهای تعداد مرگ‌ومیر و متغیرهای زیست‌محیطی در اصفهان (۱۳۸۹- ۱۳۹۰)

متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
تعداد روزانهٔ مرگ غیرسوانح	۱۶/۴۵	۴/۴۸	۱	۳۲
شاخص کیفیت هوا	۹۵/۱۳	۲۸/۶	۳۲	۲۴۰
میانگین دما (سانتی‌گراد)	۱۷/۲۲	۹/۷۳	-۱/۲	۳۴/۹

مأخذ: معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، سازمان محیط‌زیست استان اصفهان و سازمان هواشناسی استان اصفهان

آمارهای توصیفی متغیرهای مرگ‌ومیر غیرسوانح، شاخص آلودگی هوا و میانگین دما در جدول ۱ گزارش شده‌اند.

بیشترین تعداد مرگ‌ومیر روزانه در زمستان و کمترین مقدار در بهار بوده است. همچنین، بیشترین و کمترین مقدار آلودگی هوا در تابستان و بهار بوده است.

۲.۳. نتایج برآورد الگوی رگرسیونی

پیش از برآورد الگو، مانایی متغیر log(MORT) با استفاده از آمارهٔ آزمون فیلیپس پرون آزمون شده است. مقدار بحرانی آمارهٔ z(ρ) در سطح ۱ درصد ۲۹/۵۰- و کمیت آمارهٔ آزمون برای متغیر مورد نظر ۷۸۱/۷۵- است. مقدار بحرانی آمارهٔ z(t) در سطح ۱ درصد ۳/۹۶ و مقدار آمارهٔ آزمون برای متغیر مذکور ۲۵/۶۵- است. در نتیجه مانایی سری زمانی مورد نظر تأیید می‌شود.

جدول ۲. نتایج برآورد الگوی ۳ مربوط به مرگ‌ومیر

متغیر	ضریب	tآمارهٔ	احتمال
عرض از مبدأ	۰/۰۱۲۴-	۱/۷۴-	۰/۰۸۱
AR(1)	۰/۶۷۸۹	۵/۲۵	۰/۰۰۰
TEMP(-2)	۰/۰۰۰۵-	۲/۱۳-	۰/۰۳۳
AQI	۰/۰۰۰۵۹	۲/۸۲	۰/۰۰۵
AQI(-1)	۰/۰۰۰۳۵-	۱/۶۸-	۰/۰۹۲
MA(1)	۰/۶۶۶۶-	۵/۰۷-	۰/۰۰۰
Durbin-Watson stats	۲/۰۳		
Schwartz criterion	۵۱۱/۳۰		
F	۷/۰۲(۰/۰۰۰)		

مأخذ: یافته‌های پژوهش

برای برآورد الگوی ۱ ابتدا الگوهایی با درجات متفاوت از p و q و وقفه‌های متفاوت از متغیرهای توضیحی تخمین زده شد. سپس، بهترین الگو بر اساس معناداری ضرایب و بیشترین مقدار آمارهٔ شوارتز انتخاب شده است. متغیرهای بی‌معنی به علت بروز هم‌خطی از مدل حذف شده‌اند. نتایج برآورد الگوی ۱ در جدول ۱ گزارش شده است.

همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود متغیر آلودگی هوا و توضیح مرتبهٔ اول و میانگین متحرک درجهٔ اول در سطح بالایی معنی‌دار است. مقدار با وقفهٔ متغیر آلودگی هوا در ۱۰ درصد معنی‌دار است.

۳.۳. محاسبهٔ آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر و کشش بلندمدت مرگ‌ومیر نسبت به آلودگی هوا

آثار بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر با استفاده از رابطهٔ ۲ به صورت زیر محاسبه شد:

LRE=(۰/۰۰۰۵۹-۰/۰۰۰۳۵)÷(۱-۰/۶۷۸۹) = ۰/۰۰۱۳

برای آزمون معنی‌داری آثار بلندمدت از آمارهٔ آزمون والد استفاده شده است. نتایج آزمون آثار بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر در جدول ۳ گزارش شده است. نتایج آزمون والد معنی‌داری آثار بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر را تأیید می‌کند. نتایج آزمون معنی‌داری آثار کوتاه‌مدت با استفاده از آمارهٔ آزمون t در جدول ۴ آمده است.

جدول ۳. نتیجهٔ آزمون آثار بلندمدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر

اثر بلندمدت	آمارهٔ X^2	سطح معنی‌داری
۰/۰۰۱۳	۱۱۰۴۴۶	(۰/۰۰۰)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

www.SID.ir

Archive of SID

از آنجا که ضریب متغیر آلودگی هـوا معنـی‌دار اسـت، می‌توان گفت آثار کوتاه‌مدت معنی‌دار است.

جدول ۴. نتیجهٔ آزمون آثار کوتاه‌مدت آلودگی هوا در مرگ‌ومیر

اثر کوتاه‌مدت	آمارهٔ t	سطح معنی‌داری
۰/۰۰۰۵۹	۲/۸۲	(۰/۰۰۰)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

کشش بلندمدت آلودگی هوا نسبت بـه مـرگ‌ومیـر بـا استفاده از رابطهٔ ۳ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

LREL=[(۰/۰۰۰۵۹−۰/۰۰۰۳۵)÷(۱−۰/۶۷۸۹)]×۹۵/۱۳ = ۰/۱۲۳

نتایج آزمون معنی‌داری کشش بلندمدت (آزمون والـد) در جدول ۵ گزارش است. همان‌طور که ملاحظه مـی‌شـود کشش بلندمدت مرگ‌ومیر نسبت به آلودگی هوا در سـطح بالایی معنی‌دار است. اگر شاخص آلودگی هوا در بلندمدت ۱ درصد کـاهش یابـد، مـرگ‌ومیـر ۰/۱۲۳ درصـد کـاهش می‌یابد.

جدول ۵. نتیجهٔ آزمون کشش بلندمدت مرگ‌ومیر نسبت به آلودگی هوا

کشش	آمارهٔ X^2	سطح معنی‌داری
۰/۱۲۳	۱۱۰۴۴۶	(۰/۰۰۰)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۴.۳. برآورد هزینهٔ اجتماعی مـرگ ومیـر ناشـی از آلودگی هوا

برای محاسبهٔ ارزش مرگ‌ومیر ناشی از آلـودگی هـوا ابتـدا تعداد مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا با اسـتفاده از ریـسک نسبی محاسبه می‌شود. ریسک نـسبی مـرگ‌ومیـر ناشـی از آلودگی هوا در زمان t=0، از رابطهٔ ٤ به دست می‌آید:

Exp (۰/۰۰۰۵۹×۹۵/۱۳) = ۱/۰۹۱۴۶

با تقسیم تعداد کل مرگ‌ومیر، که ۱۲۰۱۵ مـورد اسـت، بر ریسک نسبی عدد ۱۱۰۰۸ به دست می‌آید که دلالت بـر ۱۰۰۷ مورد مرگ بیشتر دارد. برای محاسبهٔ ریـسک نـسبی در زمان t=1، ضریب وقفه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

۰/۰۰۰۰۵ = (۰/۰۰۰۵۹×۰/۶۷۸۹۸)+۰/۰۰۰۳۵−

سپس ریسک نسبی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

Exp (۰/۰۰۰۰۵×۱۳/۹۵) = ۱/۰۰٤۷

با تقسیم تعداد کل مرگ‌ومیر بر ریسک نسبی در زمـان t=1 عدد ۱۱۹۵۸ به دست می‌آید که نشان‌دهنـدهٔ ۱۷ مـورد مرگ‌ومیر بیشتر است. بنابراین، می‌تـوان نتیجـه گرفـت در دورهٔ تحت مطالعه در مجموع ۱۰۲٤ مرگ ناشی از آلودگی هوا (۵۱۲ مورد در سال) بوده است.

در این مطالعه از نرخ دیه در سال ۱۳۹۰ برای محاسـبهٔ ارزش اقتصادی مرگ ناشی از آلودگی هوا استفاده شـد. بـا توجه به اینکه مقدار دیهٔ اعلام‌شده برای زنـان و مـردان در این سال به ترتیب ٤۰۰ و ۵۰ میلیون ریـال و ۹۰۰ میلیـون ریال بوده است، با فرض اینکه نیمی از مرگ‌ومیر ناشـی از آلودگی هوا مربوط به زنان و نیمی مربوط بـه مـردان بـوده است، با جای‌گذاری در رابطهٔ ۵ ارزش مرگ‌ومیر ناشـی از آلودگی هوا در اصفهان طی سال‌هـای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰، ٦۹۱ هزار و ۲۰۰ میلیون ریال و به طور سالانه ۳٤۵ هزار و ٦۰۰ میلیون ریال برآورد می‌شود.

البته باید توجه داشت که ارزش به‌دسـت‌آمـده گویـای تمامی هزینه‌هـای مـرگ‌ومیـر نیـست، زیـرا ارزش واقعـی حیات انسان را نمی‌توان بر حسب پول اندازه‌گیری کـرد و مقادیر برآوردشده تقریبی از آن است.

٤. نتیجه‌گیری

هدف این مقاله برآورد هزینه‌های اجتماعی مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در اصفهان بوده است تـا بـا تخمـین ارزش ریالی آثـار خـارجی ناشـی از آلـودگی هـوا امکـان اتخـاذ سیاست‌های مناسب کاهش آلودگی هوا در این شهر فراهم شود. بدین منظور ارتباط بین تعـداد مـرگ‌ومیـر روزانـه و آلودگی هوا با استفاده از الگوی ARMAX تبیین و پـس از تعیـین سـهم آلـودگی در میـزان مـرگ‌ومیـر هزینـهٔ آن بـا احتساب نرخ دیه برآورد شد. طبق نتایج میزان مرگ‌ومیر و هزینه‌های سالانهٔ مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا به ترتیـب ۵۱۲ مورد و ۳٤٦ میلیارد ریال برآورد می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، نتایج مطالعهٔ Maddison (2006) نشان داده است که از تعداد ۲۱ هزار و ۲۰۰ مرگ رخ‌داده طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۲ در منچستر، ۸٦۸ مورد مرگ ناشی از آلودگی هوا بوده و هزینهٔ اقتصادی آن ۵۷۲ میلیون دلار برآورد شده است. همچنین، نتایج مطالعهٔ Perez و همکاران (2009) نشان می‌دهد تعداد مرگ‌ومیر سالانهٔ ناشی از آلودگی هوا در بارسلون ۳۵۰۰ مورد بوده است. Brajer and Rahmatian (2012) نشان دادند که آلودگی هوا در تهران ریسک مرگ‌ومیر جمعیت بالای ۳۰ سال را از ۷/٤ به ۸/۲ در ۱۰۰ افزایش داده است که هزینهٔ آن را ۳۷۸/۵ میلیون دلار برآورد کردند.

نکتهٔ درخور توجه این است که در این پژوهش فقط قسمتی از زیان های ناشی از آلودگی هوا بررسی شد. بدیهی است که کل زیان ناشی از آلودگی هوا در اصفهان به مراتب بیشتر از مبلغ برآورد شده است. با وجود این، با توجه به نتایج این پژوهش و شدت پیامدهای نامطلوب آلودگی هوا، لزوم عزم جدی برای کاهش آن نمایان می‌شود.

یادداشت‌ها

1. Auto regressive moving average model with exogenous inputs
2. Locally weighted least squares smoothing
3. Long run effect
4. Long run elasticity

منابع

حسینی، ن.، مزرعتی، م. ۱۳۸۳.بر آورد هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بر سلامت ساکنان تهران، فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، سال اول، شماره سه.

شیشه فروش، م.، عزتیان، و.، باقری، ا. ۱۳۹۰. بررسی شرایط هواشناختی موجد بحران آلودگی هوا در شهر اصفهان»، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران.

ضرابی، ا. و محمدی، ج و عبداللهی، ع. ۱۳۸۹. بررسی و ارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان. فصلنامه‌ی علمی پژوهشی جغرافیای ایران، شماره ۲٦.

فرسیابی، م. ۱۳۸۲. بررسی آثار خارجی اقتصادی ناشی از آلودگی هوای تهران بر سلامتی شهروندان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران.

Brajer, V. & Rahmatian, M. 2012. Air pollution, Its Mortality Risk and economic impacts in Tehran, Iran. Iranian journal of public health, Vol 41, PP 31- 38.

Chowdhury, T. , Imran, M. 2010. Counting the costs of vehicular pollution in Dhaka, Bangladesh. Policy Brief, No 43-10.

Huang, D. & Zhang, Sh. 2011. Valuation of the health Effects of particulate Matter Pollution in the Pearl River Delta, China. College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing.

Maddison, D. 2005. Air pollution and hospital admissions an ARMAX modeling approach. Journal Of Environmental Economics And Management, Vol 49.

Maddison, D. 2006. Dose response functions and the harvesting effect. Journal Of Environmental Economics And Management, Vol 28.

Perez, L., Sunyer, J., Kunzli,. Nino. 2009. Estimating the health and economic benefit associated with reducing air pollution Barcelona metropolitan area Spain. Gaceta Saintaria, Vol 23, pp 287- 294.

www.SID.ir

Archive of SID

Quah, E., Liam boon, Tay. 2003.The economic cost of particulate air pollution on health in Singapor. Journal Of Asian Economics, Vol 14.

Samakovlis, E. 2005. Valuing health effects of air pollution-focus on concentration response functions. Journal Of Urban Economics, Vol 58.

Smith, R., 2003. Invited commentary: timescale-dependent mortality effects of air pollution. American Journal of Epidemiology 157, pp. 1066–1070.

www.SID.ir