



برآورد هزینه‌های خارجی ناشی از آلودگی هوای کلان‌شهر تهران

وحید اصفهانیان^{۱*}، محمودرضا مومنی^۲، کامران ماهوتچی سعید^۳، خسرو اشرفی^۴ و سیدعلی بدیعی^۵

استاد دانشکده مهندسی مکانیک و رئیس پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط‌زیست پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
کارشناس ارشد مهندسی عمران-محیط‌زیست، پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط‌زیست پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران
کارشناس ارشد اقتصاد محیط‌زیست، پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط‌زیست پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران
دانشیار، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران
کارشناس ارشد MBA، پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط‌زیست پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۸

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲

Estimation of External Costs Due to the Air Pollution in Tehran City

Vahid Esfahanian^{1*}, Mahmoudreza Momeni², Kamran Mahoutchi saeid³, Khosro Ashrafi⁴ & Ali Badiei⁵

¹Professor, Department of Mechanic Engineering, Faculty of Engineering, University of Tehran, Tehran

²MSc. of Civil-Environment Engineering, Vehicle, Fuel and Environment Research Institute, Faculty of Engineering, University of Tehran, Tehran

³MSc. of Environmental Economic, Vehicle, Fuel and Environment Research Institute, Faculty of Engineering, University of Tehran, Tehran

⁴Associated Professor, Department of Air pollution, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran

⁵MSc. of MBA, Vehicle, Fuel and Environment Research Institute, Faculty of Engineering, University of Tehran, Tehran

Abstract

In this study, external costs due to air pollution in the city of Tehran are estimated for CO₂, SO₂, NO_x and PM pollutants in 1390. In the first step, employing up to down procedure, these pollutants' emission from oil products, liquid gas and natural gas fuel from transportation, industrial, household and commercial, army and departments, plants and refineries are estimated. Then the external costs due to these emissions have been computed based on presented Expenditure in universal bank and Iran's environment organization report at 1381. The results show that external costs due to four mentioned air pollutants are approximately 18/06 thousand billion Rials (based on constant prices in 1981) in Tehran city in 1390. The maximum external costs are 83 percent for PM pollutant, 94 percent for transportation and 72 percent for gasoil fuel from point of views of pollutants type, pollutants producing section and the type of fuel consumed, respectively. Also, the total air pollution external costs due to these four pollutants are 0.18 and 0.71 percent with respect to Gross Domestic Production (GDP) of Iran and Tehran, respectively. In this study, realization of external costs is done under the light of Cost Plus method by inflation and exchange rates. In the first approach, external costs are estimated to be 24.88 thousand billiard Rials and in the second approach, they are found to be approximately 66.74 thousand billiard Rials.

Keyword: External Costs, Air Pollution, Fossil Fuels, Tehran Megacity.

چکیده

در این تحقیق، میزان هزینه‌های خارجی ناشی از آلودگی هوای کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۰ برای آلاینده‌های CO₂، SO₂، NO_x و PM برآورد شده‌است. به این منظور ابتدا با استفاده از رویکرد بالا به پایین میزان انتشار چهار آلاینده ذکر شده ناشی از مصرف فرآورده‌های نفتی، گاز مایع و سوخت گاز طبیعی از بخش‌های حمل و نقل، صنعت، خانگی و تجاری، ارتش و ادارات و همچنین نیروگاه و پالایشگاه برآورد شده‌است. سپس هزینه‌های خارجی ناشی از این انتشار براساس قیمت‌های ارائه شده در مطالعه بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران در سال ۱۳۸۱، از دیدگاه‌های مختلف محاسبه شده‌است. نتایج نشان می‌دهد که هزینه‌های خارجی ناشی از آلودگی هوای چهار آلاینده ذکر شده برای کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۰ مبلغی در حدود ۱۸/۰۶ هزارمیلیاردریال (براساس قیمت‌های ثابت ۱۳۸۱) می‌باشد. بیش‌ترین هزینه خارجی از دیدگاه آلاینده‌ها مربوط به آلاینده PM با سهم ۸۳ درصد و از دیدگاه بخش‌های تولیدکننده آلاینده‌ها، مربوط به بخش حمل و نقل با سهم ۹۴ درصد و از دیدگاه سوخت مصرفی مربوط به فرآورده نفت‌گاز با سهم ۷۲ درصد می‌باشد. همچنین مجموع هزینه‌های خارجی آلودگی هوای ناشی از این چهار آلاینده ۰/۱۸ درصد از تولید ناخالص داخلی ایران و ۰/۷۱ درصد از تولید ناخالص تهران برآورد شد. در این تحقیق از روش Cost Plus جهت واقعی‌سازی هزینه‌های خارجی با دو رویکرد نرخ تورم و نرخ ارز استفاده شده‌است که در رویکرد اول هزینه‌های خارجی ۲۴/۸۸ هزارمیلیاردریال و در رویکرد دوم ۶۶/۷۴ هزارمیلیاردریال برآورد شده‌است.

کلمات کلیدی: هزینه‌های خارجی، آلودگی هوا، سوخت فسیلی، کلان‌شهر تهران.

* Corresponding Author. E-mail Address: evahid@ut.ac.ir

۱- مقدمه

آلودگی هوا یکی از معضلات اصلی شهرهای صنعتی و بزرگ مانند تهران، محسوب می‌شود. اغلب این شهرها از نظر وضعیت جغرافیایی به‌گونه‌ای هستند که هوای آلوده به‌علت پدیده‌هایی مثل وارونگی، امکان تخلیه به خارج از شهر را پیدا نمی‌کنند [۱] و منجر به تحمیل خسارت‌هایی بر سلامت انسان‌ها، اکوسیستم‌ها، مواد، محصولات کشاورزی می‌شود که در قالب هزینه‌های خارجی^۱ بیان می‌شود. هزینه‌های خارجی به‌مجموع پولی که بتواند صدمات ناشی از انتشار مواد آلاینده و گازهای گلخانه‌ای را جبران نماید، گفته می‌شود [۲]. این هزینه‌ها اغلب هزینه‌هایی می‌باشند که در قیمت تمام شده کالاها، خدمات لحاظ نشده و در حساب‌های ملی نیز در نظر گرفته نمی‌شوند [۲]. در علم اقتصاد، آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های مختلف به‌عنوان یک اثر منفی (مخرب)^۲ شناخته شده و اثرات آن بر هوای پاک به‌عنوان یک کالای عمومی^۳ با درجه عمومیت بالا می‌بایست شناسایی و شدت اثرات آن ارزیابی و در قالب هزینه‌های خارجی در حساب‌های ملی لحاظ شود تا برآورد واقعی‌تری از شاخص‌های کلان اقتصادی مانند تولید ناخالص داخلی به‌دست آید. هزینه‌ها و درآمدهای خارجی^۴ در کشورهای توسعه‌یافته و بسیاری از کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته و در حساب‌های ملی لحاظ می‌شوند، به این منظور تولید ناخالص داخلی جای خود را به تولید ناخالص داخلی سبز^۵ داده‌است.

تاکنون جهت ارزیابی هزینه‌های خارجی و تخریب‌های حاصله ناشی از آلودگی هوا پروژه‌های تحقیقاتی زیادی انجام شده‌است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد.

گزارش جایکا در سال ۲۰۰۵ که تحلیلی جامع در مورد آلودگی هوای کلان‌شهر تهران و همچنین راه‌کارهای کاهش آن، ارائه داده است [۳]. در همان سال شفیع‌پور و همکاران مدل اقتصادی- زیست‌محیطی تعاملی برای چرخه انرژی در ایران را ارائه دادند [۴]. در سال ۱۳۹۰، پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط‌زیست پردیس دانشکده فنی دانشگاه تهران، پیشنهادیه طرح جامع مدیریت کاهش آلودگی هوا در کلان‌شهر تهران را به کارفرمایی شورای عتف وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تدوین کرده‌است [۱]. کریم‌زادگان و همکاران در سال ۱۳۸۲ طرح جامع ارزیابی خسارات بهداشتی آلودگی هوای تهران را انجام داده‌اند [۵]. کمیسیون اروپایی در سال ۲۰۱۲ گزارشی کاملی از فهرست اقدامات انجام شده درباره هزینه‌های خارجی در حمل و نقل کشورهای عضو اتحادیه اروپا ارائه داده‌است [۶]. هم‌چنین در این سال، بکر و

همکاران مروری بر برآوردهای موجود در هزینه‌های خارجی ناشی از خودروها در ۲۷ کشور عضو اتحادیه اروپا انجام داده‌اند [۷]. دلوچی و همکاران در سال ۲۰۱۰ هزینه‌های خارجی ناشی از حمل و نقل در ایالات متحده آمریکا را مورد بررسی قرار داده‌اند [۸].

آگاهی از هزینه‌های خارجی ناشی از آلودگی هوا باعث می‌شود که مدیران با اهمیت بیشتر به این مسئله نگاه کرده و در تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه و تدوین رویکرد مناسب جهت مدیریت و تقلیل آن دید روشن‌تر و همه‌جانبه‌گرایانه‌تری داشته باشند. به‌همین منظور هدف از این تحقیق، رویکردی اقتصادی، مهندسی و مدیریتی به هزینه‌های خارجی ناشی از انتشار آلاینده‌های CO، SO₂، NO_x و PM به‌منظور برنامه‌ریزی و ارائه راهکارهای هدفمند، جهت مدیریت کاهش آلودگی هوای کلان‌شهر تهران می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ابتدا میزان انتشار آلودگی هوا ناشی از آلاینده‌های CO، SO₂، NO_x و PM در سال ۱۳۹۰ از بخش‌های مختلف آلوده‌کننده کلان‌شهر تهران برآورد و سپس میزان هزینه‌های خارجی ناشی از این انتشار برای سال ۱۳۹۰ (براساس قیمت‌های ثابت ۱۳۸۱) محاسبه و با استفاده از روش Cost Plus قیمت‌های واقعی برای سال ۱۳۹۰ برآورد شده‌است.

به‌طور کلی دو رویکرد جهت برآورد میزان انتشار آلاینده‌های هوا وجود دارد: ۱- رویکرد بالا به پایین ۲- رویکرد پایین به بالا [۹]. در رویکرد بالا به پایین از اطلاعات کلی مربوط به سوخت مصرفی جهت محاسبه انتشار در یک منطقه یا کشور استفاده می‌گردد. از این رویکرد معمولاً در محاسبه انتشار صورت گرفته از یک منطقه نسبتاً بزرگ یا زمانی که اطلاعات جزئی و مناسب از وضعیت فعالیت یا انتشار در یک منطقه در اختیار نیست، استفاده می‌گردد [۹]. برای رویکرد پایین به بالا، ابتدا میزان انتشار آلاینده‌ها از یکایک منابع آلاینده محاسبه و سپس مجموع میزان برآورد انتشار برای هر کدام از منابع در محدوده مورد مطالعه به‌دست می‌آید. در این رویکرد، به جمع‌آوری اطلاعات نسبتاً دقیقی از فعالیت منابع آلاینده و میزان انتشار ناشی از فعالیت آن‌ها نیاز می‌باشد [۹]. در تحقیق حاضر، باتوجه به آمار و اطلاعات موجود در کلان‌شهر تهران، رویکرد بالا به پایین به‌منظور برآورد میزان انتشار آلاینده‌های هوا مورد استفاده گرفته‌است.

میزان کل هزینه‌های خارجی (EC_T) نیز از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد:

$$EC_T = \sum_k \sum_j \sum_i EC_{i,j,k} \quad (4)$$

۲-۲- کاربست برآورد هزینه‌های خارجی

در این تحقیق، برآورد میزان هزینه‌های خارجی آلاینده‌های CO ، SO_2 ، NO_x و PM منتشره از بخش‌های حمل و نقل، صنعت، خانگی و تجاری، ارتش و ادارات و هم‌چنین نیروگاه و پالایشگاه ناشی از مصرف فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و گاز مایع برای سال ۱۳۹۰ محاسبه شده‌است.

برای برآورد میزان هزینه‌های خارجی ابتدا باید میزان انتشار آلاینده‌های هوا تخمین زده شود. همان‌طور که اشاره شد، این تخمین با رویکرد بالا به پایین و براساس مبانی ضرایب انتشار صورت می‌پذیرد. در جدول ۱ میزان مصرف انرژی کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۰ ارائه شده‌است [۱۰] و [۱۱]. میزان سهم بخش‌های مختلف تولیدکننده آلاینده برای فرآورده‌های نفتی براساس میزان مصرف انرژی استانی و برای سوخت گاز طبیعی و گاز مایع براساس میزان مصرف انرژی کشوری محاسبه شده‌است. در جدول ۱ سهم انرژی مصرفی بخش‌های مختلف تولیدکننده آلاینده هوا براساس آمار ارائه شده در ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹ [۲] محاسبه و ارائه شده‌است. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شده، ضرایب انتشار هر آلاینده از گزارش ارائه شده توسط جایکا استخراج شده‌است [۳].

هم‌چنین مبانی به‌کار رفته جهت برآورد انتشار آلاینده‌ها، ضرایب انتشار می‌باشد که برای این منظور، از ضرایب انتشار ارائه شده توسط جایکا [۳] استفاده شده‌است. رابطه به‌کار رفته جهت برآورد انتشار به‌صورت زیر است:

$$ER_{i,j,k} = EF_{i,j,k} \times FS_{j,k} \times FC_k \quad (1)$$

که در آن $ER_{i,j,k}$ میزان انتشار آلاینده i از بخش j با سوخت k ، $EF_{i,j,k}$ ضریب انتشار آلاینده i از بخش j با سوخت k ، $FS_{j,k}$ میزان سهم بخش j از سوخت k و FC_k مصرف سوخت k می‌باشند.

میزان کل انتشار (ER_T) نیز از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$ER_T = \sum_k \sum_j \sum_i ER_{i,j,k} \quad (2)$$

۲-۱- برآورد هزینه‌های خارجی

جهت محاسبه هزینه‌های خارجی نیاز به کمی کردن اثر آلاینده‌ها و فعالیت‌ها در محیط‌های اثرپذیر (انسانی و طبیعی) می‌باشد [۱]. برای کمی کردن این اثرات از ضرایب هزینه ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست استفاده شده‌است [۱۲].

میزان هزینه‌های خارجی از رابطه زیر، تعیین می‌شود:

$$EC_{i,j,k} = ER_{i,j,k} \times PC_i \quad (3)$$

که در آن، $EC_{i,j,k}$ هزینه‌های خارجی آلاینده i از بخش j با سوخت k ، $ER_{i,j,k}$ میزان انتشار آلاینده i از بخش j با سوخت k ، PC_i هزینه خارجی آلاینده i می‌باشد.

جدول ۱- میزان مصرف انرژی و سهم انرژی مصرفی بخش‌های مختلف تولیدکننده آلاینده‌های هوا کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۰

سهم انرژی مصرفی بخش‌های مختلف تولیدکننده آلاینده هوا					مصرف انرژی		نوع فرآورده
نیروگاه و پالایشگاه	ارتش و ادارات	خانگی و تجاری	صنعت	حمل و نقل	واحد	میزان مصرف	
۰/۰	۰/۰۱۸	۰/۰	۰/۰۱	۰/۹۷۲	هزار لیتر	۳،۸۳۵،۸۱۶	بنزین
۰/۰	۰/۰۲۱	۰/۹۵۵	۰/۰۲	۰/۰	هزار لیتر	۲۷،۱۶۶	نفت سفید
۰/۲۶۴	۰/۱۱۶	۰/۰۵۲	۰/۰۵۱	۰/۵۰۵	هزار لیتر	۱،۵۸۹،۱۰۶	نفت گاز
۰/۲۴	۰/۰۱۵	۰/۱۳۹	۰/۶۰۷	۰/۰	هزار لیتر	۱۲۷،۸۸۴	نفت کوره
۰/۰	۰/۰	۰/۸۴۴	۰/۱۰۳	۰/۵۳	تن	۸۴،۳۵۸	گاز مایع
۰/۳۸		۰/۳۲۵	۰/۱۳۹	۰/۰۳۹	هزار مترمکعب	۱۴،۲۶۲،۰۰۰	گاز طبیعی

جدول ۲- هزینه خارجی براساس قیمت‌های سال ۱۳۸۱

آلاینده	PM	CO	NO _x	SO ₂
هزینه (هزار ریال بر تن)	۳۴،۴۰۰	۱۵۰۰	۴۸۰۰	۱۴،۶۰۰

در جدول ۲، هزینه‌های خارجی به تفکیک آلاینده‌ها و براساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۱ ارائه شده‌است. این هزینه‌ها براساس مطالعات انجام شده توسط بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و همچنین مقادیر ارائه شده توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا محاسبه شده‌است [۲ و ۱۲].

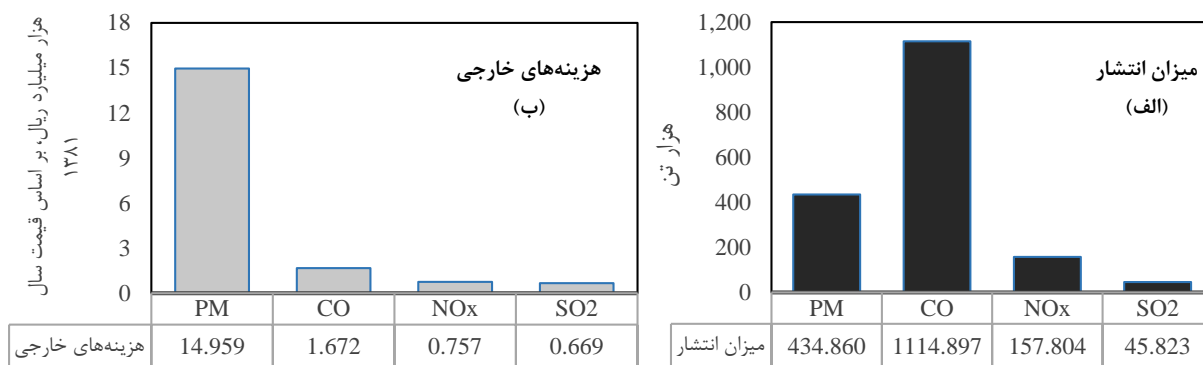
میزان انتشار و هزینه‌های خارجی در سال ۱۳۹۰ براساس سه رویکرد آلاینده‌ها، بخش‌های تولیدکننده آلاینده و سوخت مصرفی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- میزان انتشار و هزینه‌های خارجی آلاینده‌ها به تفکیک آلاینده‌ها

در شکل ۱، میزان انتشار و هزینه‌های خارجی آلاینده‌های CO، SO₂، NO_x و PM در سال ۱۳۹۰ ارائه شده‌است. در ادامه میزان انتشار و هزینه‌های خارجی به تفکیک آلاینده‌ها تشریح می‌شود.

۳-۲ نتایج و بحث

در ادامه نتایج حاصل از مدل ارائه‌شده در سه رویکرد مذکور، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است در این تحقیق محاسبات انجام‌شده (میزان انتشار و هزینه‌های



شکل ۱- میزان انتشار و هزینه‌های خارجی به تفکیک آلاینده‌ها در سال ۱۳۹۰

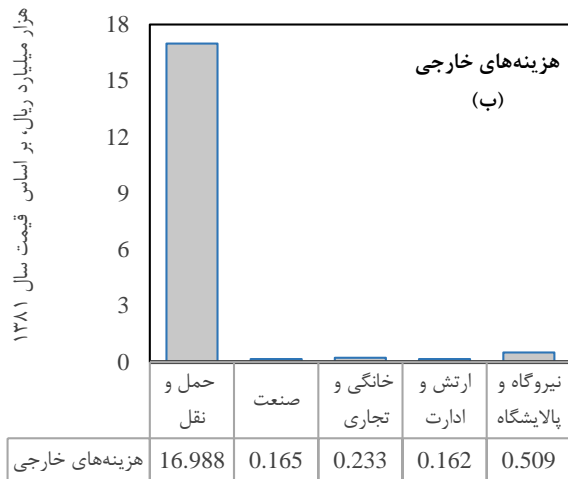
آلاینده PM نسبت به آلاینده‌های CO، SO₂ و NO_x دانست. همان‌طور که مشاهده می‌شود با وجود انتشار زیاد آلاینده CO، هزینه خارجی آن اختلاف زیادی با آلاینده PM دارد که دلیل آن را می‌توان در پایین بودن هزینه خارجی این آلاینده نسبت به دیگر آلاینده‌های مورد بررسی دانست.

براساس برآورد ارائه شده، میزان انتشار آلاینده‌های CO، SO₂، NO_x و PM در سال ۱۳۹۰ در شکل ۱ الف دیده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ الف دیده می‌شود، بیش‌ترین میزان انتشار از بین چهار آلاینده ذکر شده، مربوط به آلاینده CO و کم‌ترین میزان انتشار برای آلاینده SO₂ می‌باشد. در شکل ۱ ب، هزینه‌های خارجی ناشی از چهار آلاینده CO، SO₂، NO_x و PM به تفکیک آلاینده‌ها در سال ۱۳۹۰ نشان داده شده‌است. باتوجه به این شکل، بیش‌ترین مقدار هزینه خارجی مربوط به آلاینده PM با مقدار تقریبی ۱۵ هزارمیلیاردریال و با سهم ۸۳ درصدی از کل هزینه‌های چهار آلاینده ذکر شده می‌باشد. این مقدار نسبت به دیگر آلاینده‌های ذکر شده اختلاف چشم‌گیری دارد و این درحالی است که انتشار آلاینده PM، بیش‌ترین انتشار در بین سایر آلاینده‌ها بیان شده را به‌خود اختصاص نداده‌است. دلیل این اختلاف چشم‌گیر را می‌توان در گران بودن هزینه خارجی

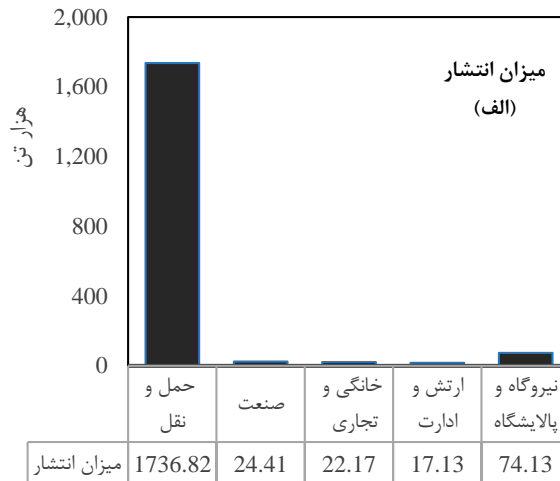
۳-۲- میزان انتشار و هزینه‌های خارجی آلاینده‌ها به تفکیک بخش‌های تولیدکننده آلاینده

در شکل ۲، میزان انتشار و هزینه‌های خارجی آلاینده‌های CO، SO₂، NO_x و PM ناشی از مصرف فرآورده‌های نفتی، سوخت گاز طبیعی و گاز مایع به تفکیک بخش‌های حمل و نقل، صنعت، خانگی و تجاری، ارتش و ادارات و نیروگاه و پالایشگاه برای سال ۱۳۹۰ ارائه شده‌است. در ادامه تشریح میزان انتشار و هزینه‌های خارجی به تفکیک بخش‌های تولیدکننده آلاینده ارائه شده‌است. باتوجه به

هزینه‌های خارجی آلاینده‌های CO ، SO_2 ، NO_x و PM ناشی از مصرف فرآورده‌های نفتی، سوخت گاز طبیعی و گاز مایع به تفکیک بخش‌های حمل و نقل، صنعت، خانگی و تجاری، ارتش و ادارات و نیروگاه و پالایشگاه برای سال ۱۳۹۰ در شکل ۲ نشان داده شده است. باتوجه به این شکل، بخش حمل و نقل با ۱۷ هزارمیلیارد ریال و سهم ۹۴ درصدی، بیش‌ترین هزینه خارجی و بخش ارتش و ادارات و صنعت کم‌ترین این هزینه‌ها را با سهم ۱ درصد به جامعه تحمیل می‌کنند.



شکل ۲ الف، بیش‌ترین میزان انتشار از بین بخش‌های مختلف، مربوط به بخش حمل و نقل با میزان انتشار تقریبی ۱/۷ میلیون تن و سهم بیش از ۹۰ درصد از کل انتشار و کم‌ترین میزان انتشار برای بخش ارتش و ادارات با میزان انتشار ۱۷ هزارتن و سهم کم‌تر از ۱ درصد از کل انتشار می‌باشد. بعد از بخش حمل و نقل، بیش‌ترین میزان انتشار مربوط به بخش نیروگاه و پالایشگاه با میزان ۷۴ هزارتن و سهم ۴ درصد می‌باشد که اختلاف چشم‌گیری با بخش حمل و نقل دارد.



شکل ۲- میزان انتشار هزینه خارجی آلاینده‌ها به تفکیک بخش‌های تولیدکننده آلاینده‌ها در سال ۱۳۹۰

انتشار چهار آلاینده ذکر شده، برای فرآورده نفت سفید گاز با مقدار ۰/۱۰۸ هزارتن (تقریبی) و سهم کم‌تر از ۰/۰۰۱ درصدی از کل انتشار می‌باشد. هزینه‌های خارجی چهار آلاینده CO ، SO_2 ، NO_x و PM به تفکیک نوع سوخت مصرفی در سال ۱۳۹۰ در شکل ۳ ب نشان داده شده است. براساس شکل ۲ ب، بیش‌ترین میزان هزینه خارجی چهار آلاینده فوق مربوط به فرآورده نفت گاز با مقدار و سهم به ترتیب ۱۳ هزارمیلیارد ریال و ۷۲ درصد می‌باشد و فرآورده بنزین با مقدار و سهم به ترتیب ۴/۳ هزارمیلیارد ریال و ۲۳ درصد در رتبه دوم قرار دارد. این موضوع برعکس میزان انتشار می‌باشد و دلیل آن را می‌توان در آلاینده PM که منشأ اصلی آن فرآورده نفت گاز می‌باشد، یافت. در جدول ۳، هزینه‌های خارجی ناشی از چهار آلاینده مورد بررسی در سال ۱۳۹۰ (براساس قیمت سال ۱۳۸۱) به ازای واحد تولید هر سوخت آورده شده است.

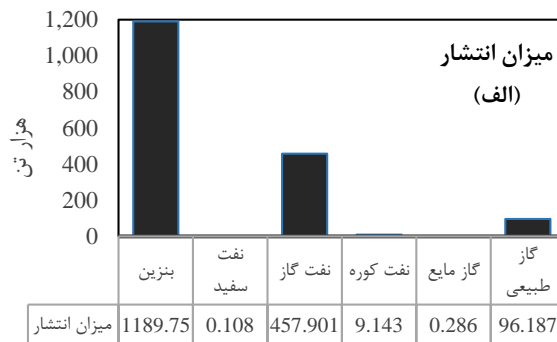
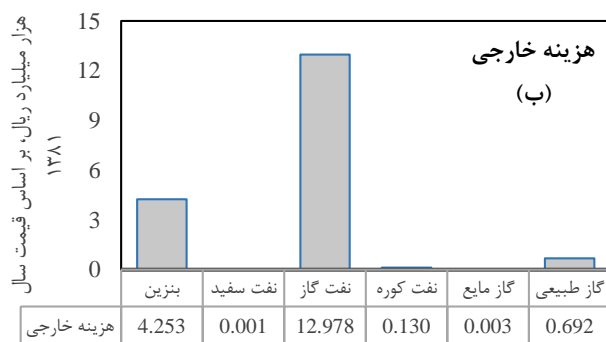
۳-۳- میزان انتشار و هزینه‌های خارجی آلاینده‌ها به تفکیک سوخت مصرفی

در شکل ۳، انتشار آلاینده‌های CO ، SO_2 ، NO_x و PM به تفکیک نوع سوخت مصرفی، فرآورده‌های نفتی، سوخت گاز طبیعی و گاز مایع، در سال ۱۳۹۰ ارائه شده است. در ادامه میزان انتشار و هزینه‌های خارجی آلاینده‌های ذکر شده به تفکیک نوع سوخت مصرفی تشریح می‌شود.

در شکل ۳ الف، انتشار آلاینده‌های CO ، SO_2 ، NO_x و PM به تفکیک نوع سوخت مصرفی در سال ۱۳۹۰ ارائه شده است. باتوجه به این شکل، بیش‌ترین انتشار چهار آلاینده مورد بررسی مربوط به فرآورده بنزین با مقدار تقریبی ۱۲۰۰ هزارتن و سهم ۶۸ درصدی از کل انتشار و بعد از آن، فرآورده نفت گاز با مقدار تقریبی ۴۶۰ هزارتن و سهم ۲۶ درصدی از کل انتشار می‌باشد. هم‌چنین کم‌ترین میزان

جدول ۳- هزینه‌های خارجی چهار آلاینده مورد بررسی به ازای هر واحد سوخت مصرفی در سال ۱۳۹۰ (براساس قیمت سال ۱۳۸۱)

نوع فرآورده	بنزین	نفت سفید	نفت گاز	نفت کوره	گاز مایع	گاز طبیعی
هزینه خارجی	۱۲۰۲	۴۲/۳	۶۵۳۶/۲	۱۰۱۴	۳۵	۴۸/۵
واحد	ریال به لیتر	ریال به لیتر	ریال به لیتر	ریال به کیلوگرم	ریال به کیلوگرم	ریال به مترمکعب



شکل ۳- میزان انتشار و هزینه‌های خارجی چهار آلاینده ذکر شده به تفکیک سوخت مصرفی در سال ۱۳۹۰.

بخش‌های دیگر به محاسبات، هزینه‌های بسیار بالاتری برآورد خواهد شد.

از آنجایی که هزینه‌های خارجی محاسبه شده براساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۱ می‌باشد لذا برای واقعی‌تر شدن هزینه‌های خارجی محاسبه شده در سال ۱۳۹۰، از روش Cost Plus با دو رویکرد تغییرات قیمت ارز دلار و نرخ تورم^۷ استفاده شده‌است. در رویکرد تغییرات نرخ ارز، با استفاده از رابطه زیر هزینه‌های خارجی براساس قیمت سال ۱۳۹۰ اصلاح می‌شود:

$$ExCt_{1390} = ExCt_{1381} \times \frac{\$Rate_{1390}}{\$Rate_{1381}} \quad (5)$$

که در آن $ExCt$ ، هزینه‌های خارجی، $\$Rate$ ، متوسط قیمت دلار می‌باشد.

متوسط قیمت دلار در سال ۱۳۸۱ برابر ۷۹۵۸ ریال و در سال ۱۳۹۰، ۱۰،۹۶۲ ریال می‌باشد [۱۵]. لذا بر همین اساس، هزینه‌های خارجی ناشی از چهار آلاینده در سال ۱۳۸۱، برای سال ۱۳۹۰ معادل ۲۴/۸۸ هزارمیلیاردریال به‌دست می‌آید.

در رویکرد نرخ تورم، هزینه‌های خارجی محاسبه شده براساس نرخ تورم از سال ۸۱ تا ۹۰، از رابطه زیر اصلاح می‌شود:

$$ExCt_{1390} = ExCt_{1381} \times \prod_{1382}^{1390} (1 + InfRate_i) \quad (6)$$

که در آن $InfRate_i$ ، نرخ تورم سال i می‌باشد.

باتوجه به نرخ تورم گزارش شده توسط بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران [۱۶]، هزینه‌های خارجی ناشی از چهار آلاینده ذکر شده برای سال ۱۳۹۰، رقمی معادل ۶۶/۷۴ هزارمیلیاردریال برآورد می‌شود.

۳-۴- هزینه‌های خارجی از دیدگاه اقتصادی

میزان کل هزینه‌های خارجی ناشی از چهار آلاینده CO ، SO_2 ، NO_x و PM در سال ۱۳۹۰ (براساس قیمت‌های سال ۱۳۸۱)، مبلغی معادل ۱۸/۰۶ هزارمیلیاردریال می‌باشد که از این میزان، مقدار ۱۶/۹۹ هزارمیلیاردریال مربوط به بخش حمل و نقل می‌باشد. این در حالی است که بودجه پیشنهادی برای وزارت علوم و تمامی سازمان‌های تابعه در سال ۱۳۹۰، رقمی معادل ۱۲/۰۸۲ هزارمیلیارد و بودجه پیشنهادی برای وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی برای سال ۱۳۹۰ اعتباری معادل ۱۷/۱۹۹ هزارمیلیاردریال بوده‌است [۱۴]. در جدول ۲، تعدادی از شاخص‌ها و نسبت‌های مهم اقتصادی و زیست‌محیطی با در نظر گرفتن هزینه‌های خارجی محاسبه شده برای کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۰ ارائه شده‌است. در این محاسبات تولید ناخالص داخلی ایران در سال ۲۰۱۱ (۱۳۹۰) به روش برابری قدرت خرید^۶، براساس آمار بانک جهانی و بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران ۹۳۰ میلیارد دلار و متوسط قیمت دلار ۱۰،۹۶۲ ریال برآورد شده‌است [۱۳]. هم‌چنین مساحت کلان‌شهر تهران ۵۰۸۰ کیلومترمربع و جمعیت ثابت و شناور تهران به ترتیب ۸/۱۵۴ و ۸/۵ میلیون نفر در سال ۱۳۹۰ در نظر گرفته شده‌است [۱۱].

باتوجه به جدول ۲، سهم هزینه خارجی آلودگی هوای تهران ناشی از تنها چهار آلاینده CO ، SO_2 ، NO_x و PM در سال ۱۳۹۰ (براساس قیمت‌های سال ۱۳۸۱) برابر ۰/۱۸ تولید ناخالص داخلی ایران در همان سال می‌باشد که مقدار قابل توجهی است. شایان ذکر است که این محاسبات در شرایطی انجام شده‌است که مقدار هزینه‌ها براساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۱ بوده و از طرفی فقط برای چهار آلاینده CO ، SO_2 ، NO_x و PM انجام شده و با ورود سایر آلاینده‌ها و هم‌چنین

جدول ۲- شاخص‌ها و نسبت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۰

شاخص	مقدار	واحد
سه‌م هزینه خارجی آلودگی هوای تهران به تولید ناخالص داخلی ایران	۰/۱۸	درصد
سه‌م هزینه خارجی آلودگی هوای تهران به تولید ناخالص داخلی تهران	۰/۷۱	درصد
هزینه خارجی به جمعیت ثابت تهران	۲,۲۱۴,۸۶۴	ریال/نفر/سال
هزینه خارجی به جمعیت ثابت و شناور تهران	۱,۰۸۴,۴۲۴	ریال/نفر/سال
هزینه خارجی به‌ازاء مترمربع	۳۵۵۵	ریال/مترمربع/سال

۴- نتیجه‌گیری

انتشار را دارد ولی بیش‌ترین هزینه خارجی را به‌ترتیب نفت‌گاز با سهم ۷۲ درصد و بنزین با سهم ۲۳ درصد به خود اختصاص داده‌اند. علت این موضوع را می‌توان در انتشار آلاینده PM دانست که عمده منبع انتشار آن سوخت نفت‌گاز است. میزان هزینه خارجی ناشی از بخش حمل و نقل تقریباً ۱۳ هزارمیلیاردریال برآورد شده‌است. از دیدگاه اقتصادی، سهم هزینه خارجی چهار آلاینده ذکر شده براساس قیمت‌های سال ۱۳۸۱ در تهران و برای سال ۱۳۹۰ به تولید ناخالص داخلی ایران و تهران به‌ترتیب ۰/۱۸ و ۰/۷۱ درصد می‌باشد که مقادیر قابل ملاحظه‌ای می‌باشند. با واقعی‌سازی این هزینه‌ها براساس قیمت‌های سال ۱۳۹۰، با رویکرد تغییرات قیمت دلار، رقمی معادل ۲۴/۸۸ هزارمیلیاردریال و با رویکرد نرخ تورم، رقمی معادل ۶۶/۷۴ هزارمیلیاردریال برآورد شده‌است. میزان کل هزینه خارجی ناشی از تنها چهار آلاینده CO، SO₂، NO_x و PM در سال ۱۳۹۰ براساس قیمت‌های سال ۱۳۸۱، به‌ترتیب ۱/۴۹ و ۱۷/۰۵ برابر بودجه پیشنهادی وزارت علوم و تمامی سازمان‌های تابعه و بودجه وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی در سال ۱۳۹۰ می‌باشد. با توجه به هزینه‌های برآوردشده، لزوم سرمایه‌گذاری برای مدیریت کاهش آلودگی هوا در کلان‌شهر تهران و سایر شهرهای آلوده ایران امری ضروری می‌باشد. اگر به‌طور متوسط ۵ الی ۱۰ درصد از این هزینه‌ها صرف اقدامات کنترلی برای آلودگی هوا شود، می‌توان هزینه خارجی را به میزان قابل توجهی کاهش داد. از آنجایی که بخش اعظم این هزینه‌ها مربوط به بخش حمل و نقل می‌باشد، استفاده از فناوری‌های نوین مانند خودروهای الکتریکی، دو نیرو و پیل سوختی، برنامه‌ریزی اصولی‌تر برای از رده خارج کردن خودروهای فرسوده، بازرسی قوی بر روی معاینه فنی خودروها و همچنین سامانه‌های دورکاری و حمل و نقل نوین می‌تواند در این راستا راه‌گشا باشد.

در مقاله حاضر برای کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۰، میزان انتشار چهار آلاینده CO، SO₂، NO_x و PM از بخش‌های حمل و نقل، صنعت، خانگی و تجاری، ارتش و ادارات و همچنین نیروگاه و پالایشگاه ناشی از مصرف فرآورده‌های نفتی و سوخت گاز طبیعی و گاز مایع برآورد شده‌است و سپس هزینه خارجی ناشی از این چهار آلاینده با سه رویکرد برآورد هزینه به‌تفکیک آلاینده‌های ذکر شده، به‌تفکیک بخش‌های مختلف تولیدکننده آلاینده و به‌تفکیک سوخت مصرفی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت یک تحلیل از دیدگاه اقتصادی برای هزینه‌های خارجی ارائه شده‌است. از دیدگاه آلاینده‌ها، بیش‌ترین نرخ انتشار از بین چهار آلاینده CO، SO₂، NO_x و PM مربوط به آلاینده CO با سهم ۶۳ درصدی از مجموع انتشار چهار آلاینده بوده و آلاینده PM با سهم ۲۵ درصد در رتبه بعدی قرار دارد. اما در مقایسه مقدار هزینه خارجی، بیش‌ترین هزینه مربوط به آلاینده PM با سهم ۸۳ درصد از مجموع هزینه چهار آلاینده ذکر شده می‌باشد و آلاینده CO با ۹ سهم درصدی دومین رتبه را در مقدار هزینه به خود اختصاص داده‌است. دلیل این موضوع را می‌توان در گران بودن آلاینده PM و ارزان بودن آلاینده CO دانست. میزان هزینه خارجی ناشی از آلاینده PM تقریباً ۱۵ هزارمیلیاردریال برآورد شده‌است. از دیدگاه بخش‌های تولیدکننده آلاینده، بیش‌ترین میزان انتشار با سهم در حدود ۹۳ درصد و همچنین سهم هزینه خارجی با سهم ۹۴ درصد مربوط به بخش حمل و نقل می‌باشد. علت بالا بودن هزینه خارجی این بخش را می‌توان در بالا بودن میزان انتشار آلاینده‌ها بالاخص آلاینده‌های PM و CO از این بخش دانست. میزان هزینه خارجی ناشی از بخش حمل و نقل تقریباً ۱۷ هزارمیلیاردریال برآورد شده‌است. از دیدگاه سوخت، بیش‌ترین میزان انتشار با سهم ۶۸ درصدی، مربوط به فرآورده بنزین است و نفت‌گاز با سهم ۲۶ درصد دومین بیش‌ترین سهم

- [8] Delucchi, M., McCubbin, D, External Costs of Transport in the U. S., Forthcoming in Handbook of Transport Economics, Edward Elgar Publishing Ltd., 2010.
- [9] Kumar, P., Gurjar, B.R., Nagpure, A.S., Harrison, R., "Preliminary Estimates of Nanoparticle Number Emissions from Road Vehicles in Megacity Delhi and Associated Health Impacts," Environmental Science & Technology, 45 (2011) 5514- 5521.
- [10] Statistics of Oil Refinery Fuels Consumption, National Iranian Oil Refining and Distribution Company, Public Relation Sector's Publication, 2011. [In Persian]
- [11] General Statistics of Tehran Megacity, Tehran Megacity Municipality Publication, 2011. [In Persian]
- [12] Environmental Energy Review-Iran, World Bank Group, "Environment Strategy for the Energy Sector: Fuel for thought," MOE, 300190/ZR/EER-Iran, Final Report, 2003.
- [13] Iran's Budget Act of 2011, Deputy of Planning and Economic in Iran, the Office of Management and Budget, 2011. [In Persian]
- [14] Central Bank of Iran, Report ranking of countries by GD, 2013. [In Persian]
- [15] Central Bank of Iran, Exchange conversion rate report, 2013. [In Persian]



تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط‌زیست پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران و هم‌چنین کانون هماهنگی دانش و صنعت خودروهای الکتریکی و دو نیرو به‌دلیل حمایت مالی، علمی و زیرساختی در انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی به‌عمل آورند.

پی‌نوشت

- ¹External Costs
²Negative Externality
³Public Goods
⁴External Income
⁵Green Gross Domestic Product
⁶Purchasing Power Parity (PPP)
⁷Inflation Rate

منابع

- [1] Vehicle, Fuel and Environment Research Institute, Faculty of Engineering, University of Tehran, Comprehensive Air Pollution Reduction Management of Tehran Megacity, Client ATF Council, Ministry of Science, Research and Technology, 1390. [In Persian]
- [2] Office of Electricity and Energy metropolitan planning, Ministry of Petroleum of Islamic Republic of Iran, Iran Energy Balance 2010, 2011. [In Persian]
- [3] Japan International Cooperation Agency, The Study on Strengthening and Improving Air Quality Management in the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran, January 2005.
- [4] Shafie-Pour Motlagh, M., Farsiabi, M. M., Kamalan, H. R., "An Interactive Environmental Economy Model for Energy Cycle in Iran", Iranian J. Env. Health Sci. Eng 2 (2005) 41-56.
- [5] Karimzadegan, H., Rahmatian, M., Comprehensive assessment plan of the health impacts of air pollution in Tehran, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, 1993. [In Persian]
- [6] European Commission, An inventory of measures for internalizing external costs in transport, Final Report, November 2012.
- [7] Becker, J., Becker, Th., Gerlach, J., The True Costs of Automobility: External Costs of Cars Overview on existing estimates in EU-27, Final Report, October 2012.