برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی CO_2، NO_x و SO_2 در بخش حمل و نقل

عباس شاکری، استاد، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده اقتصاد، تهران، ایران
میرحسین موسوی*، استادیار، دانشگاه الزهراء، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، تهران، ایران
قادر صفرزاده، کارشناسی ارشد اقتصاد محیط‌زیست دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Hmousavi_atu@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۳/۰٤/۱۰- پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۱۵

چکیده

با توجه به لزوم به‌کارگیری معیارهای علمی و صریح در خصوص ارزیابی هزینه‌های تحمیل شده به محیط زیست، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از اطلاعات مربوط به سنجش پارامترهای آلایندگی در بخش حمل و نقل و همچنین جمع‌آوری اطلاعات مربوط به نهاده‌ها و ستانده‌های تولیدی، اقدام به برازش الگوی مرزی تصادفی مسافت شده است. با توجه به نظریه پیگو که هر آلوده‌گر باید هزینه‌های آلایندگی خود را پرداخت کند، در این مقاله با توجه به وجود کمبودها در زمینه روش‌های مناسب تحلیلی برای سیاست‌گذاری در زمینه محیط زیست، اقدام به برآورد قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌های زیست محیطی که در اثر سوخت‌های فسیلی مصرف شده در بخش حمل و نقل منتشر می‌شوند، شده است. بر این اساس میانگین قیمت‌های سایه‌ای (هزینه‌های کاهش آلودگی) در بخش حمل و نقل در طول سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۸۹ برای آلاینده اکسید نیتروژن (NOx) برابر با ۱۲۱٤٦۹۰/۷- ریال برای هرتن کیلومتر، آلاینده دی اکسیدگوگرد (SO2) برابر با ۱۳۱۹۳٦/۹- ریال برای هرتن کیلومتر و آلاینده دی‌اکسید کربن (CO2) برابر با ٤٤۸/٤۳۸۱- ریال برای هرتن کیلومتر می‌باشد. یافته‌های این مطالعه به عنوان مبنای اولیه برنامه‌ریزی به سیاست‌گذاران این عرصه پیشنهاد می‌شود تا شناخت صحیح‌تری از آثار اقتصادی- زیست‌محیطی بخش حمل و نقل و هزینه‌های زیست محیطی تحمیل شده داشته باشند. با توجه به این که سهم آلاینده‌های دی‌اکسید کربن (CO2)، اکسیدنیتروژن (NOx) و دی‌اکسیدگوگرد (SO2) در بخش حمل و نقل از کل آلایندگی این بخش به ترتیب به طور متوسط در حدود ۹۳، ۶ و۳ درصد می‌باشد، بنابراین، میانگین قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌های CO2، NOx و SO2 با در نظر گرفتن سهم هر کدام از این آلاینده‌ها، به ترتیب برابر ٤۵٤/۲٤۷، ۷۷۷/٤۰۶ و ٤۰۹/۰۰٤ ریال برای هرتن کیلومتر به دست می‌آید.

واژه‌های کلیدی: آلودگی محیط زیست، ستانده نامطلوب، تابع فاصله ستانده، قیمت‌سایه‌ای، بخش حمل و نقل

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

امروزه تأمین انرژی از اساسی‌ترین پیش‌نیازهای توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها به شمار می‌رود. تغییرات جمعیتی و رشد شهرنشینی علاوه بر ضعف در کارایی جریان تولید، انتقال، توزیع، مصرف و عدم وابستگی لازم به منابع انرژی مطمئن و پاک، موجب افزایش تقاضای انرژی و مصرف سریع منابع آن گردیده است. در حالی که روش‌های تأمین و تولید انرژی خود از عوامل تعیین کننده در آلوده نمودن محیط زیست می‌باشند، سرعت تهی شدن منابع تجدیدناپذیر انرژی و افزایش آلودگی‌ها به بحران‌های انرژی و محیط زیست در هزاره سوم مبدل شده‌اند. لازم به ذکر است که بسیاری از عناصر در جوامع بشری و محیط‌زیست نسبت به تغییرپذیری شرایط آب‌وهوایی حساس می‌باشند. بهداشت و سلامت انسان، کشاورزی، اکوسیستم طبیعی مناطق ساحلی، تجهیزات گرمایشی و سرمایشی نمونه‌هایی از عناصر حساس به تغییرات جوی می‌باشند. با افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای، متوسط درجه حرارت رو به افزایش بوده که بر محیط‌زیست تأثیر خواهد گذاشت زیرا گازهای گلخانه‌ای در جو، حرارت متصاعد شده از زمین را جذب نموده و اصطلاحاً به تله می‌اندازند. چگونگی تولید و استفاده از حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده، از عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی محیط زیست در مقیاس محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی می‌باشد. بر همین اساس توجه به میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای و بررسی روند تغییرات آنها طی دوره‌های زمانی مختلف، ابزاری مناسب را جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری لازم برای کاهش آثار و تبعات منفی مصرف انرژی فراهم می‌آورد.

یکی از نیازهای اولیه انسان که با توسعه اقتصادی و اجتماعی دامنه گسترده‌تری پیدا کرده و امروزه جزء یکی از مظاهر تمدن به شمار می‌رود، مسئله حمل و نقل است. بخش حمل و نقل به لحاظ پیوند تنگاتنگ و ناگسستنی با سایر بخش‌های اقتصادی و به جهت نقش آن در توسعه اجتماعی و گسترش رفاه فردی و عمومی همواره اهمیت ویژه و عملکردی مثبت داشته است. با این همه، عملکرد مثبت این بخش آثار ناخواسته‌ای چون افزایش غیرمنطقی مصرف انرژی و به همراه آن آلودگی زیست‌محیطی قابل توجه برای اغلب شهرهای بزرگ به دنبال داشته است. بر اساس اطلاعات موجود، بخش حمل و نقل به تنهایی مصرف‌کننده بیش از یک سوم کل انرژی مصرفی جهان است. مطالعات نشان می‌دهد که در پی دو بحران نفتی که در سال ۱۹۷۳ و اوایل دهه ۱۹۸۰ رخ داد، کشورهای صنعتی جهان سیاست‌هایی را در جهت مهار رشد مصرف سوخت اعمال کردند و در اوایل دهه ۱۹۹۰ با توجه به آثار سوء مصرف سوخت‌های فسیلی بر محیط‌زیست، این کشورها درصدد برآمدند که مجدداً رشد مصرف سوخت را با اعمال برنامه‌هایی اجرایی مهار کنند، که هر چند میزان مصرف در بخش صنعت سیر نزولی یافت اما در بخش حمل و نقل روند صعودی میزان مصرف سوخت کماکان ادامه پیدا کرد. سده بیستم که عصر پیشرفت شگرف بشر در تمام زمینه‌ها نامیده می‌شود، برای حمل و نقل نیز رشد و بالندگی به ارمغان آورده و صنعت حمل و نقل پایه‌ریزی شده است. حمل و نقل از جمله فعالیت‌هایی است که اگر با برنامه ریزی اصولی و منطقی صورت نگیرد، آثار زیان آوری بر محیط زیست تحمیل می‌کند. زیرا حمل و نقل به ویژه با ناوگان فرسوده، کیفیت شاخص‌های زیست محیطی را پایین آورده و سبب اسیدی شدن محیط پیرامون می‌گردد. در سطح جهانی نیز، حمل و نقل عامل تولید دی‌اکسیدکربن و انتشار آن در جو است و اثر گلخانه‌ای حاصل از آن، یکی از جدی‌ترین معضلات زیست محیطی محسوب می‌شود. آشکار است استفاده از خودروهایی با راندمان مناسب، آموزش رانندگان، آموزش تعمیرکاران، ارتقاء شرایط تعمیرگاه‌های مجاز، احداث جایگاه‌های سوخت‌گیری در مسیرهای مختلف، توسعه کمی و کیفی مراکز معاینه فنی و اعمال قوانین مربوطه می‌تواند در کاهش مصرف بنزین و گازوئیل و آلاینده‌های ناشی از آن مؤثر باشد. بخش حمل و نقل عمده‌ترین مصرف‌کننده دو فرآورده بنزین موتور و نفت گاز می‌باشد. این بخش به دلیل مصرف بسیار بالا و رو به رشد فرآورده‌های نفتی همواره یکی از چالش‌های بخش انرژی کشور می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

بر اساس تراز انرژی سال ۸۹، مصرف نهایی فرآورده‌های نفتی در بخش حمل و نقل ۲٦٤/٦ میلیون بشکه معادل نفت خام است که حدود ۲۳/۳ درصد از مصرف نهایی فرآورده‌های نفتی را به خود اختصاص می‌دهد و بیشترین میزان مصرف فرآورده‌های نفتی در میان بخش‌های مختلف مصرف‌کننده را دارا می‌باشد. همچنین در سال ۱۳۸۹، فراورده‌های نفتی ۸۸/۲۹ درصد، گاز طبیعی ۱۱/٦٥ درصد و برق ۰/۰٦ از انرژی مورد نیاز بخش حمل و نقل را تأمین کرده‌اند.

۲- مروری بر ادبیات

تکنولوژی بنگاه‌های آلاینده می‌تواند با استفاده از توابع تولید، هزینه و سود و همچنین توابع فاصله نهاده و ستانده تصریح گردد. فرض کنید، یک بنگاه، برداری از K عامل تولید را به منظور تولید ستانده‌های خود به‌کار می‌گیرد. زمانی که یک بنگاه " ستانده‌های مطلوب (خوب) " و "ستانده‌های نامطلوب (بد)" را به شکل همزمان تولید می‌نماید، در نظر گرفتن فروض مربوط به قابلیت حذف ستانده‌ها بسیار حایز اهمیت بوده و بهتر است بردار ستانده‌ها به دو زیر بردار ستانده‌های مطلوب و نامطلوب تجزیه شود. اختلاف بین این دو نوع ستانده به فرض قابلیت حذف آنها بر می‌گردد؛ به طوری که ستانده‌های مطلوب کاملاً آزاد بوده، در حالی که ستانده‌های نامطلوب فقط به شکل ضعیفی قابل حذف می‌باشند؛ به این مفهوم که ستانده بد به راحتی قابل حذف نبوده و یا حذف آن بدون هزینه امکان پذیر نمی‌باشد. در این مجموعه، کاهش در ستانده‌های بد تنها زمانی امکان‌پذیر می‌شود که ستانده‌های مطلوب نیز به طور همزمان کاهش یافته و یا مصرف نهاده‌ها افزایش یابد.

بنگاهی را در نظر بگیرید که در فرایند تولید از N نهاده استفاده نماید که به صورت $X = (X_1, \dots, X_n), x \in R_+^n$ نشان داده می‌شود. این بنگاه می‌خواهد یک بردار M ستانده‌ای تولید کند که به شکل $Y = (Y_1, \dots, Y_m), y \in R_+^m$ نشان داده می‌شود. تکنولوژی تولید این بنگاه می‌تواند با مجموعه تولید $P(X)$ که مجموعه تمام بردارهای ستانده که می‌توان با بردار نهاده X تولید کرد را نمایش می‌دهد تعریف شود.

تخمین اقتصادسنجی توابع مسافت به خاطر این واقعیت که این تابع هیچ متغیر وابسته قابل مشاهده‌ای ندارد با مانع روبه رو می‌شود؛ این مشکل به خاطر مسائل مربوط به درون‌زا بودن متغیرهای مستقل پیچیده‌تر می‌شود. دو استراتژی متفاوت برای مقابله با این مسایل، که در مطالعات اتخاذ شده، به ترتیب زیر هستند:

- استراتژی قرار دادن ارزش متغیر وابسته برابر با یک برای همه مشاهدات، همراه با استفاده از ابزارهایی برای متغیرهای مستقل درون‌زا و تصحیح برآوردهای انجام شده نسبت به تورش‌هایی که ناگزیر در جریان برآورد ایجاد می‌شود (گروسکپوف و هایز، ۱۹۹۳)؛
- استراتژی تبدیل متغیرهای ستانده سمت راست درون‌زا و مستقل از طریق تقسیم کردن آن‌ها بر یک ستانده دلخواه و سپس اتخاذ این فرض که متغیرهای سمت راست تبدیل شده، متغیرهای برون‌زا و مختلط با ستانده‌ها هستند؛ با توجه به این حقیقت که تابع فاصله ستانده نسبت به ستانده‌ها همگن از درجه یک است (رجوع شود به لاول، ریچاردسون، تراورس و وود (۱۹۹٤)، و کوئلی و پرلمان ۱۹۹٦). به این دلیل که هیچ انتظار پیشینی‌ای راجع به شکل تابعی تابع فاصله وجود ندارد و از آنجایی که استفاده از تابع ترانسلوگ نیاز به مشاهدات بسیار زیادی دارد و چون در این تحقیق تعداد مشاهدات پایین بوده است، لذا استفاده از تابع ترانسلوگ باعث از دست رفتن درجه آزادی زیادی شده و برآورد با مشکل روبرو می‌شود.

بنابراین از آنجایی که تابع کاب- داگلاس یک تابع خوش رفتار بوده در این تحقیق از این تابع استفاده شده است.

(۱)

$$\ln D_o = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{m} \alpha_j \ln Y_j + \sum_{k=1}^{n} \beta_k \ln X_k$$

سپس دومین استراتژی را به کار برده و بنابراین با توجه به معادله ۲ که تعریف خواهد شد.

(۲)

$$D_o(X, Y, Z) \exp(u) = 1 \rightarrow \ln D_o(X, Y, Z) + u = 0$$

Archive of SID
www.SID.ir

می‌توان تابعی که تخمین زده می‌شود را به شکل زیر نوشت:

(۳)

$$-lnY_1 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{m_1} \alpha_j lnY_j^* + \sum_{k=1}^{n} \beta_k lnX_k + u + \varepsilon$$

که در آن Y_j^* ستانده‌های نرمال شده ($Y_j^* = \frac{Y_j}{Y_1}$)، u جمله اخلال تصادفی غیرمنفی $u \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$ نیز یکی از پارامترهای برآورد الگو است. نرمال‌سازی ستانده‌ها نیز بر مبنای ستانده مطلوب و اعمال قیود همگنی و تقارن است. در ادامه با استفاده از این روابط قیمت‌های سایه‌ای تخمین زده می‌شود. یکی از مهم‌ترین کاربرد تابع فاصله، استفاده از آن به منظور محاسبه و برآورد قیمت‌های سایه‌ای ستانده‌های بد می‌باشد. در این حالت، قابلیت حذف ضعیف ستانده‌ها حاکی از آن است که کاهش در ستانده نامطلوب، هزینه فرصت مرتبطی از کاهش ستانده مطلوب (و یا یک هزینه مرتبط بر حسب افزایش سطح مصرف نهاده‌ها) دارد. ایده اصلی استخراج قیمت‌های سایه‌ای با استفاده از توابع فاصله نهاده و ستانده و نتایج دوگان آن از برگرفته شده است. اگر قیمت ستانده‌ها با $r = (r_1,\ldots,r_m)$ نشان دهید تابع درآمد به صورت زیر تعریف می‌شود:

(٤)

$$R(X,r) = sup_y\{rY : D_o(X,Y) \leq 1\}$$

شفارد نشان داده است که تابع درآمد و تابع فاصله تولید دوگان هستند و بنابراین هرکدام از آنها را می‌توان به صورت دیگری نشان داد.

(٥)

$$R(X,r) = sup_y\{rY : D_o(X,Y) \leq 1\}$$

(٦)

$$D_o(X,Y) = sup_y\{rY : R(X,Y) \leq 1\}$$

فاره، گراسکوپف، لاول و پایساوارنگ (۱۹۹۳) نشان می‌دهد که اگر این توابع قابل دیفرانسیل‌گیری باشند بردار راه‌حل ماکزیمم برای مسأله لاگرانژ برای رابطه ۵ خواهد بود:

(۷)

$$r = R(X,Y)^* \nabla_Y D_o(X,Y)$$

فاره و همکاران (۱۹۹۳) بردار قیمت‌های ستانده‌ای که درآمد را ماکزیمم کرده و از معادله ۵ به دست می‌آید را به شکل $r^* = (X,Y)$ نشان می‌دهند و لم شفارد دوگانه را بر مسأله حداکثرسازی درآمد به کار می‌برند تا معادله زیر به دست می‌آید:

$$\nabla_Y D_o(X,Y) = r^* = (X,Y) \quad (۸)$$

اگر رابطه ۷ در ۸ جایگزین شود رابطه زیر شکل می گیرد:

(۹)

$$r = R(X,Y) r^*(X,Y)$$

بردار $r^* = (X,Y)$ را می‌توان به عنوان قیمت سایه‌ای ستانده‌ها که با درآمد تعدیل شده تفسیر کرد (فاره و همکاران ۱۹۹۳). محاسبه قیمت‌های سایه‌ای قطعی دانستن درآمد ماکزیمم (R(x,r)) است که خود آن نیازمند محاسبه قیمت‌های سایه‌ای است که باید تخمین زده شوند.

بنابراین باید فروضی راجع به ارزش‌های قیمت‌های سایه‌ای یا ارزش درآمد ماکزیمم در نظر گرفته شود تا این محاسبه عملی شود. فاره و همکاران،۱۹۹۳.

فروض زیر را در تحلیل خود به کار می‌برند؛ قیمت مشاهده شده یک ستانده با قیمت سایه‌ای مطلق آن برابر است و حتی شاید بتوان فرض کرد که درآمد ماکزیمم با درآمد مشاهده شده برابر است. با استفاده از فرض قبلی و با نشان دادن قیمت بازاری مشاهده شده یک ستانده مطلوب به شکل r_g^0 و نشان دادن قیمت سایه‌ای تعدیل شده با تورم آن به شکل r_g^* محاسبه درآمد ماکزیمم به شکل زیر خواهد بود:

(۱۰)

$$R(X,Y) = \frac{r_g^0}{r_g^*(X,Y)} = \frac{r_g^0}{\left[\frac{\partial D_o(X,Y)}{\partial y_g}\right]}$$

قیمت‌های سایه‌ای مطلق برای ستانده نامطلوب که هیچ قیمت بازاری قابل مشاهده‌ای ندارد، را می‌توان به صورت معادله ۱۱ محاسبه می‌شود.

(۱۱)

$$r_b = R(X,Y)\left[\frac{\partial D_o(X,Y)}{\partial y_b}\right] = r_g^0\left[\frac{\frac{\partial D_o(X,Y)}{\partial y_b}}{\frac{\partial D_o(X,Y)}{\partial y_g}}\right]$$

Archive of SID
www.SID.ir

۳- مروری بر ادبیات

در زمینه محاسبه قیمت‌های سایه‌ای در کشورهای خارجی مطالعات خوبی صورت گرفته است، ولی در ایران این مطالعات بسیار کم بوده و توجه کمتری به این مسأله شده است. در جدول ۱ چند مورد از مطالعات صورت گرفته در این زمینه آورده شده است.

جدول ۱. مطالعات صورت گرفته در زمینه برآورد قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌ها

نویسنده	سال	عنوان	روش	نتایج
فاره و همکاران	۱۹۹۳	تعیین قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیستی در جریان تولید کاغذ در آمریکا	تخمین تابع فاصله ستانده	قیمت سایه‌ای آلاینده زیستی آب ۱۰۴۳- دلار
دیوید هادلی	۱۹۹۸	تعیین قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها در کارخانه‌های تولید لبنیات در بریتانیا	تخمین تابع فاصله ستانده از روش GLS	قیمت سایه‌ای نیترات برابر با ۲۹/۳٤- پوند
شاهیک و همکاران	۲۰۰۲	تعیین قیمت سایه‌ای کاهش آلودگی نیتروژن در بخش کشاورزی در نبراسکا	تخمین تابع فاصله ستانده	از ۰/۹۱ تا ۲/۲۱ دلار متفاوت است
سالنیکوف و زلنیوک	۲۰۰۵	بررسی کارایی زیست محیطی و قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌ها در کشورهای در حال گذار	تخمین تابع فاصله ستانده	قیمت دی‌اکسید کربن نسبت به دیگرآلاینده‌ها پایین است.
جین‌لی‌هو و همکاران	۲۰۰٦	قیمت سایه‌ای SO_2 در استان‌های چین از سال ۱۹۹٦تا۲۰۰۲	تخمین تابع فاصله ستانده	این قیمت در مناطق پر باران کمتر از سایر مناطق است.
مورتی و همکاران	۲۰۰۷	کارایی فنی و زیست‌محیطی چند نیروگاه زغال سنگی در هند	تابع فاصله ستانده مستقیم	با افزایش کارایی تولیدآلاینده‌ها کاهش می‌یابد.
پارک و لیم	۲۰۰۸	ارزش‌گذاری کاهش تولید دی‌اکسیدکربن در بخش تولید برق کره جنوبی	تابع فاصله ستانده	هزینه نهایی کاهش دی‌اکسیدکربن برابر است با ۱٤/۰٤
دریجانی و همکاران	۱۳۸٤	قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها در پساب کشتارگاه‌های فعال دام استان تهران	تابع فاصله ستانده با تابع ترانسلوگ	قیمت‌سایه‌ای آلاینده‌های بارآلی، شیمیایی و میکروبی به ترتیب ۹۱٦٤-، ۱٤٥۰۲- و ۷۰٦-
موسوی و همکاران	۱۳۸۹	برآورد قیمت سایه ای آلاینده‌های زیست محیطی در بخش حمل و نقل در سال ۱۳۷٦	به روش حسابداری و استخراج ضریب انتشار	قیمت سایه‌ای آلاینده های ناشی از مصرف یک لیتر بنزین و نفت گاز به‌ترتیب ۱۰۳۹ و ۱۰۷۵ ریال

منبع: گردآوری توسط محقق

Archive of SID

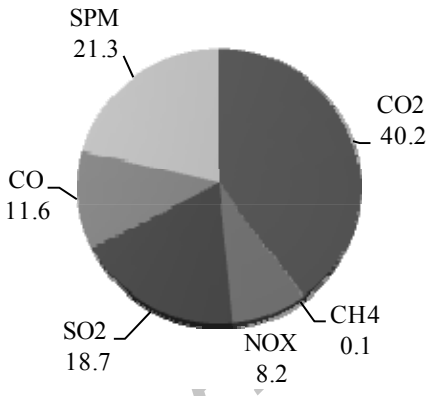
www.SID.ir

٤- حقایق شناخته‌شده

آلودگی‌های زیست محیطی یکی از مهم‌ترین چالش‌های جامعه انسانی قرن حاضر به شمار می‌رود. گرچه کشورهای پیشرفته با سرمایه گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود کارآیی انرژی و فناوری‌های نوین گام های بزرگی در زمینه کنترل آلودگی‌های زیست محیطی بخش انرژی برداشته‌اند، اما هنوز در این مورد کشورهای در حال توسعه با چالش جدی مواجه هستند. توسعه به مفهوم استفاده حداکثری از توان منابع طبیعی با اتکاء به فن‌آوری‌های نوین و منابع ارزان قیمت انرژی تاکنون به پیشرفت‌های شگرفی نایل آمده، اما پیامدهای این توسعه ناپایدار به صورت افزایش میزان انتشار انواع آلودگی‌ها درمحیط زیست و تغییر اقلیم کلیه ابعاد زندگی جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار داده است. از این رو دستیابی به مفهوم توسعه پایدار در تلاقی سه حیطهٔ انرژی، اقتصاد و محیط زیست، در گرو تغییر نحوه نگرش برنامه‌ریزان بخش انرژی کشور در حوزه محیط زیست خواهد بود. بر اساس تراز انرژی منتش شده مشخص می‌گردد که بخش حمل و نقل با تولید ۳/ ٤٨ درصد از کل انتشار NO_X، ٩٦/٨ درصد CO، ٤٧/٩ درصد N_2O، ٧٩/٧ درصد CH_4 و ٨٦/٨ درصد ذرات معلق، دارای بیشترین سهم در انتشار انواع گازها در میان بخشهای مصرف کننده انرژی کشور می باشد. لازم به ذکر است که بخشهای نیروگاهی و حمل و نقل بیشترین میزان انتشار CO_2 و بخش‌های نیروگاهی و خانگی، تجاری و عمومی بیشترین میزان انتشار CO_2 را در سال ٨٩ به خود اختصاص داده‌اند. بخش‌های نیروگاهی، حمل و نقل و صنعت سهم بسزایی در تولید دی اکسید گوگرد (٨٧/٦ درصد) و اکسیدهای ازت (٨٩/٤ درصد) داشته‌اند. بررسی میزان انتشار آلاینده‌ها بر حسب انواع سوخت مصرفی نشان می‌دهد بنزین، نفت گاز و نفت کوره بخش عمده‌ای از انتشار آلاینده‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. به طوری که در سال ١٣٨٩، ٩٥/٥ درصد از کل CO تولیدی، ١٠ درصد از CO_2، ٤٧/٩ درصد CH_4 و ٢٠/٣ درصد از N_2O تولیدی از احتراق بنزین، ٤٠/٩ درصد NO_X، ٣٩ درصد SO_2، ٤٦/٣ درصد از SPM و ٦٨/٧ درصد از N_2O تولیدی از احتراق نفت‌گاز (گازوییل) منتشر می‌شود. همچنین ٥٥/٨ درصد از انتشار SO_2، ٤٩/٥ درصد از انتشار SO_3 و ٤٢/١ درصد از SPM منتشر شده در جو هوا ناشی از احتراق نفت کوره می‌باشد. گازطبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی، سوختی پاک به شمار می‌رود و کمترین مقدار آلودگی را داراست. با این وجود ٣١/٨ درصد از انتشار NO_X، ٥٤ درصد از انتشار CO_2 و ٣٤/٦ درصد از CH_4 تولیدی از احتراق گاز طبیعی ایجاد شده است.

در نمودار١ نیز سهم هر یک از گازهای آلاینده در هزینه‌های اجتماعی ارایه شده است که نشان می‌دهد CO_2 بیشترین سهم را در ایجاد این هزینه‌ها دارد. ذرات معلق در هوا نیز حدود ٢١/٣ درصد این هزینه‌ها را به خود اختصاص داده است. SO_2 نیز سهم بالایی در ایجاد این هزینه‌ها داشته و حدود ١٨/٧ درصد این هزینه‌ها را تشکیل می‌دهد.

نمودار١. سهم گازهای آلاینده در هزینه‌های اجتماعی بخش‌های مصرف کننده انرژی در سال ١٣٨٩ بر اساس قیمت‌های سال ١٣٨١ (درصد)



٥- داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه قیمت سایه‌ای آلاینده‌های زیست محیطی در بخش حمل و نقل محاسبه شده است. در این بخش مقادیر سوخت مصرفی، سرمایه خالص در بخش حمل و نقل و پرسنل شاغل در این بخش به عنوان نهاده، کالای حمل شده در بخش حمل و نقل به عنوان ستانده مطلوب و گازهای NO_x ، SO_2 و

www.SID.ir

CO_2 منتشره به عنوان ستانده نامطلوب در نظر گرفته شده است. برای برآورد قیمت سایه‌ای سه گاز مذکور، عملکرد بخش حمل و نقل طی سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفته است.

داده‌های مربوط به پرسنل شاغل و کالای حمل شده در بخش حمل و نقل از آمار تفصیلی منتشر شده توسط وزارت راه و شهرسازی و بانک مرکزی گرفته شده است. همچنین آمار مربوط به سوخت مصرفی در بخش حمل و نقل و مقادیر انتشار گازهای آلاینده در این بخش از ترازنامه انرژی دریافت گردید. داده‌های سرمایه خالص به کار رفته شده در بخش حمل و نقل نیز از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران گرفته شده است. همچنین در این مطالعه از شاخص میانگین کرایه هر تن- کیلومتر طی شده در کل کشور که در سالنامه آماری وزارت راه و شهرسازی منتشر می‌شود به عنوان قیمت ستانده مطلوب استفاده شده است. اطلاعات جدول ۲، برخی آماره‌های توصیفی متغیرهای الگو را نشان می‌دهد.

جدول ۲. آمار توصیفی سالیانه متغیرهای تحقیق در بخش حمل و نقل

متغیر	واحداندازه‌گیری	میانگین	حداقل	حداکثر
آلاینده NO_x	تن	٤٧٦٩٨٧.٨	١١٢٤٧٤	٩١٠٧٧٨
آلاینده SO_2	تن	٢٢٩٩٤٧.٣	٤٦٧٨١	٥٤٣٩١١
آلاینده CO_2	تن	٦٢٠٠٩٠٨٥	١٩٣٦٢١٤٤	١٣٣٩٤٠٤٢٩
سرمایه خالص	میلیاردریال	١٤٥٤٧٨	٧٧٤٦١	٣٧٦٥٩٧
اشتغال	نفر	٩٩٤٨٥٢	٤٣٧٧٤٤	٢٠٧٢٥٨٥
مصرف نهایی سوخت	تن	٢٠٥٢٨٤٨٥	٧٣٥٠٠٠٠	٤٢٢٧٠٠٠٠
بار حمل شده	تن	٢٨٦١١٤٧١٣	٨٤٧٠٥٢٦٩	٦٨٢٣١١٨٩٤

مأخذ: نتایج تحقیق

٦- نتیجه‌گیری

پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز، پارامترهای اصلی تابع فاصله ستانده، از طریق برازش الگوی مرزی تصادفی برای بخش حمل و نقل، روش حداکثر راست‌نمایی و استفاده از نرم‌افزار تخصصی اقتصادسنجی فرانتیرحاصل گردید. با در نظر گرفتن سه نهاده اصلی (سوخت مصرفی، سرمایه خالص و نیروی کار) و سه ستانده آلاینده (دی‌اکسیدکربن، اکسید نیتروژن و دی‌اکسیدگوگرد) و یک ستانده مطلوب (بار حمل شده در بخش حمل و نقل)، در میان توابع متعدد برازش شده، فرم تابعی کاب- داگلاس انتخاب گردید.

از آنجایی که باید محصول تولیدی به صورت تابعی از نیروی کار، سرمایه و سوخت مصرفی در نظر گرفته شود، بنابراین، این تابع به صورت معادله ۱۲ نوشته می‌شود.

(۱۲)

$$Y = f(K, L, E)$$

می‌توان تولید را به صورت سرانه اشتغال در نظر گرفت، از این رو رابطه ۱۲ به صورت زیر نوشته می‌شود:

(۱۳)

$$Y = Lf\left(\frac{K}{L}, \frac{E}{L}, 1\right) \rightarrow \frac{Y}{L} = f\left(\frac{K}{L}, \frac{E}{L}, 1\right) \rightarrow y = f(k, l)$$

بنابراین ملاحظه می‌شود که با تقسیم کردن متغیرها بر نیروی کار آنها را می‌توان به صورت سرانه درآورد. با توجه به رابطه ۱۳، تابع فاصله ستانده با در نظر گرفتن دو نهاده اصلی (سوخت

Archive of SID
www.SID.ir

مصرفی سرانه، سرمایه خالص سرانه) و سه ستانده آلاینده (دی‌اکسیدکربن سرانه، اکسید نیتروژن سرانه و دی‌اکسیدگوگرد سرانه) و یک ستانده مطلوب (بار حمل شده سرانه در بخش حمل‌ونقل) به صورت فرمول ۱٤ نوشته می‌شود.

(۱٤)

$$lnD_0 = \alpha_0 + \alpha_1 lnY_1 + \alpha_2 lnY_2 + \alpha_3 lnY_3 + \alpha_4 lnY_4 + \alpha_5 lnY_5 + \beta_1 lnX_1 + \beta_2 lnX_2 + \varepsilon$$

از آنجایی که علاوه بر گازهای مورد مطالعه در این تحقیق گازهای دیگری نیز در بخش حمل و نقل منتشر می‌شود و برای این که مدل تخمینی کامل باشد، لذا مجموع گازهای دیگر منتشر شده در بخش حمل و نقل در قالب یک متغیر (Y_5) در مدل وارد می‌شود. اما ابتدا باید تابع فاصله ستانده نرمال شده تخمین زده شود و سپس با استفاده از قیود همگنی و تقارن پارامترهای مفقود شده تابع فاصله بالا را به دست آورد. تابع فاصله ستانده نرمال شده که با نرم افزارهای اقتصادسنجی قابل برآورد است برای بخش حمل و نقل با متغیرهای یاد شده به شکل زیر است:

$$-ln(Y_1) = \alpha_0 + \alpha_2 ln\left(\frac{Y_2}{Y_1}\right) + \alpha_4 ln\left(\frac{Y_3}{Y_1}\right) + \alpha_4 ln\left(\frac{Y_4}{Y_1}\right) + \alpha_5 ln\left(\frac{Y_5}{Y_1}\right) + \beta_1 ln(X_1) + \beta_2 ln(X_2) + \mu + \varepsilon \quad (۱۵)$$

بنابراین ابتدا پارامترهای اصلی تابع فاصله ستانده از طریق برازش الگوی مرز تصادفی فوق با روش حداکثر راست‌نمایی و استفاده از نرم افزار فرانتیر برآورد شد. فرض شده که توزیع ناکارایی نیمه نرمال است. جدول ۳ نتایج تخمین الگوی مرزی تصادفی تابع فاصله ستانده را برای بخش حمل و نقل کشور نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج برآورد الگوی مرزی تصادفی

ضریب	پارامتر برآوردی	S.E	آماره t	سطح معناداری
α_0	۱/٦٥٦	۰/٥٥٤٤	-۲/۹۸	معنادار
α_2	-۰/٤٦۹۳	۰/۱٤۸۳	-۳/۱٦	معنادار
α_3	۰/۲٥٤٥	٦/۸۹۲٤	۳/٦۹	معنادار
α_4	۰/۲٥٤۰	۰/۱۰۸٤	۲/۳٤	معنادار
α_5	۰/۲۷۱٥	۰/۰٥۱۷	٥/۲٥	معنادار
β_1	۰/۱۳۰۸	۰/۰٦۱۲	۲/۱۳	معنادار
β_2	-۰/٤۲۳۸	۰/۰٦۱٤	۲/۹٦	معنادار
σ^2	۳/۲۷۷۹	۱/٦۸۷۸	۱/۹٤	معنادار
LLF	-	-	٦۷/۳۹۸	معنادار
LRT	-	-	۲۸/۰۰۹	معنادار

اطلاعات مندرج در جداول بالا بیانگر معنی‌داری کلی رگرسیون (آزمون نسبت راستنمایی LRT) می‌باشد. همچنین، آزمون معنی‌داری جزیی رگرسیون (آزمون t) نیز نشان می‌دهد که همه‌ی ضرایب برآورد شده معنادار می‌باشند.

پس از برازش الگوی مرزی تصادفی ۱٥، بازیابی و محاسبه پارامتر مفقود شده از الگوی ۱٤ صورت پذیرفت. سپس، پارامترها و مقادیر متغیرها در فرم مبسوط رابطه ۱۱، جایگزین و قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌های زیست محیطی برای آلاینده‌های

Archive of SID
www.SID.ir

بخش حمل و نقل محاسبه گردید. بر این اساس با توجه به قیمت ستانده مطلوب (که در اینجا میانگین کرایه هر تن- کیلومتر طی شده در کل کشور به سال جاری ۱۳۸۹، به عنوان قیمت کالای حمل شده در نظر گرفته شده است)، میانگین قیمت‌های سایه‌ای در طول سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۸۹ برای آلاینده اکسید نیتروژن (NO_x) برابر با ۱۲۱٤٦۹/۷- ریال برای هرتن کیلومتر ، آلاینده دی اکسیدگوگرد (SO_2) برابر با ۱۳۱۹۳٦/۹- ریال برای هرتن کیلومتر و آلاینده دی‌اکسید کربن برابر با ٤۸۸/٤۳۸۱- ریال برای هرتن کیلومتر می‌باشد.

آشکار است، از آنجایی که قیمت ستانده مطلوب بر حسب تن- کیلومتر بوده، لذا قیمت‌های سایه‌ای به این صورت تفسیر می‌شود که در فعالیت بخش حمل‌ونقل چنانچه بخواهید انتشار آلاینده اکسیدنیتروژن(NO_x) را به میزان یک تن کاهش دهید، این امر مستلزم تولید کمتر ستانده مطلوب (کالای حمل شده) و یا افزایش به‌کارگیری بیشتر نهاده‌ها در قسمت کاهش آلاینده‌های زیست محیطی بخش حمل و نقل به ارزش ۱۲۱٤٦۹/۷ریال می‌باشد. به عبارت دیگر، به منظور انتشار کمتر آلاینده‌ها، یا می‌بایست سطح تولید کل را کاهش داد (در نتیجه ستانده مطلوب کمتری نیز تولید می‌شود) و یا نهاده و یا نهاده‌های بیشتری در قسمت کاهش آلاینده‌های زیست محیطی بخش حمل و نقل به کار برد. همچنین بر این اساس، برای کاهش آلاینده دی‌اکسید گوگرد(SO_2) و دی‌اکسیدکربن(CO_2) به میزان یک تن به ترتیب ۱۳۱۹۳٦/۹و ٤۸۸/٤۳۸۱ ریال هزینه فرصت مرتبطی از کاهش ستانده‌ی مطلوب و یا افزایش نهاده‌ها وجود خواهد داشت.

نکته قابل توجه در نتایج به دست آمده این است که قیمت سایه‌ای آلاینده دی‌اکسیدکربن (CO_2) در مقایسه با قیمت سایه‌ای دو آلاینده دیگر بسیار پایین می‌باشد. این تفاوت از آنجا نشأت می‌گیرد که میزان انتشار آلاینده CO_2 در بخش حمل و نقل در مقایسه با سایر آلاینده‌ها بسیار زیاد بوده و حدود ۹۳ درصد کل آلاینده‌های منتشر شده در بخش حمل و نقل را تشکیل می‌دهد و بنابراین با از دست دادن مقدار مشخصی از ستانده مطلوب (بار حمل شده) مقدار زیادی از انتشار آلاینده دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد.

از این رو سهم هریک از آلاینده‌ها از کل آلایندگی ایجاد شده در بخش حمل و نقل نقش مهمی در قیمت سایه‌ای (هزینه نهایی کاهش) هر آلاینده خواهد داشت. بنابراین، با توجه به این که سهم آلاینده‌های دی‌اکسید کربن (CO_2)، اکسیدنیتروژن (NO_x) و دی‌اکسیدگوگرد (SO_2) در بخش حمل و نقل از کل آلایندگی این بخش به ترتیب به طور متوسط در حدود ۹۳، ۰/٦ و ۰/۳ می‌باشد، بنابراین، میانگین قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌های CO_2، NO_x و SO_2 با در نظر گرفتن سهم هر کدام از این آلاینده‌ها، به ترتیب برابر ٤٥٤/۲٤۷، ۷۷۷/٤۰٦ و ٤۰۹/۰۰٤ ریال برای هرتن کیلومتر به دست می‌آید.

۷- مراجع

- امامی میبدی، ع. (۱۳۸۵) "اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری" علمی و کاربردی، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، شهریور ۱۳۸٤.

- دریجانی، شرزه‌ای، صدرالشرفی و پیکانی (۱۳۸۵)، "استخراج قیمت‌های سایه‌ای آلاینده‌های زیست‌محیطی؛ کاربرد تابع تصادفی فاصله ستانده". مجله علوم و صنایع کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، سال بیستم، شماره۳.

- موسوی، خاکساری، محمودزاده و رضایی (۱۳۸۹)، "برآورد قیمت سایه‌ای آلاینده های زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل به روش حسابداری"، مجله شریف، ویژه نامه حمل و نقل شهری، شماره ۳، ۱۳۹۰.

- Aigner, D. J., and S. F. Chu (1968) " On Estimation the Industry Production Function, "American Economic Review 58:4 (September), pp. 828-39.

- Atkinson, S. E., and D. Premont (1998) "Stochastic Estimation of Firm Technology, Inefficiency and Productivity Growth Using Shadow Cost and Distance Functions " Working Paper, Department of Economics, University of Georgia, Athens, GA.

Archive of SID

www.SID.ir

- Hadley, D. (1998), "Estimation of Shadow Prices for Undesirable Outputs" An Application to UK Dairy Farms, American Agricultural Economics Association Annual Meeting, August 2-5, Salt Lake City, Utah.

- Jin-Li Hu, Yang Li, Yang-Ho Chiu, and Tsz-Yi Ke (2006) "Shadow prices of SO_2 Abatements for regions in china with composed error" International Economic Review 18, pp.435-444.

- Lovell, C.A.K., S. Richardson, P Travers, and L. Wood (1994) "Resources and functioning's- a new view of inequity in Australia, Models and Measurement of welfare and inequity" (Ed, Wolfgang Eichorn), Springer- Verlagj, Berlin.

- Murty, M.N, S. Kumar, and V. Dhaavala (2007) "Environmental efficiency of industry: a case study of thermal power generation India" Environ Resource Econ (2007) 38, pp.31-50.

- Park, H., and J. Lim (2008) "Valuation of marginal CO2 abatement options for election power plants in Korea" Korea Energy Economics Institute.

- Pittman, R.W., (1983) "Multilateral productivity comparisons with undesirable outputs" The Economic Journal 93(327), 883-891.Salnykov M.I, Zelenykov V.P. (2005) "Estimation of environmental efficiencies and shadow prices of pollutants in countries in transition," EERC.

- Shaik, S., G. Helmers, and M. Langemeier (2002) "Direct and Indirect Shadow price and Cost Estimates of Nitrogen Pollution Abstemen" Journal of Agricultural and Resource Economics 27(2), pp.420-432.

- Battese, G. E. and T. J. Coelli (1998) "Production of Firm Level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data" Journal of Econometrics, pp. 387-399.

- Bauer, P. W. (1990) "Recent Developments in the Econometric Estimation of Frontier" Journal of Econometrics, 46, pp. 39-56.

- Coelli, T.J., & S. Perelman (1996), "Efficiency measurement, multiple output technologies and distance functions" with application to European railways, CREPP discussion paper no. 96/05, University of Liege, Liege.

- Coelli, T.J. (1993), "Estimation of frontier production functions: A guide to the computer program FRONTIER, working papers in econometrics and applied Statistics", Department of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia.

- Färe, R., S. Grosskopf, C.A.K. Lovell, & C. Pasurka (1989), "Multilateral productivity comparisons when some Outputs are undesirable" A nonparametric approach, Review of Economics and Statistics, 71, pp. 90-98.

- Fare, R., S. Grosskopf, C.A.K. Lovell, & S. Yaisawarng (1993), Derivation of shadow prices for undesirable outputs: A distance function approach, Review of Economics and Statistics, 74, pp. 374-380.

- Greene, W.H. (1997), "Frontier production functions", In: M.H. Pesaran & P. Schmidt (eds.), Handbook of Applied Econometrics, and Vol. II: Microeconomics, Blackwell, pp. 81-166.

- Gross Kopf, S. and Hayes, K. (1993) "Local public sector bureaucrats and their input choice", Journal of Urban Economics, 33, pp.151-166.

Archive of SID

www.SID.ir