فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی
سال اول، شماره ٤، پاییز ١٣٩١، صفحات ٢٤-١

بررسی اثرات زیست‌محیطی حذف یارانه حامل‌های انرژی در بخش صنعت

دکتر محمد آسیایی*، دکتر ناصر خیابانی و بقیتا... موسوی*****

تاریخ دریافت: ٢٣ خرداد ١٣٩١ تاریخ پذیرش: ٢٧ آبان ١٣٩١

هدف این پژوهش بررسی میزان تغییر در انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف حامل‌های انرژی در بخش صنعت بعد از حذف یارانه آنها است. برای این منظور ابتدا توابع تقاضا برای این حامل‌ها در بخش صنایع دو رقمی برای سال‌های ١٣٧٤ تا ١٣٨٦ تخمین زده شد. روش‌شناسی مورد استفاده در ابتدا مبتنی بر تابع هزینه ترانس‌لوگ دومرحله‌ای است که در مرحله اول توابع تقاضا برای زیر مدل انرژی (برق، گازوئیل و سایر حامل‌های انرژی) و در مرحله دوم توابع تقاضا برای نهاده‌های بخش صنعت (سرمایه، نیروی کار و انرژی) را تخمین زده‌ایم. سپس با استفاده از محاسبه کشش‌های قیمتی، میزان تغییر در مصرف حامل‌های انرژی بعد از حذف یارانه آنها را محاسبه نمودیم. در نهایت، با استفاده از ضرایب انتشار آلودگی و میزان تغییر در مصرف هر یک از حامل‌ها، میزان تغییر در انتشار آلاینده‌ها را بدست آورده‌ایم. مهم‌ترین دستاوردهای این تحقیق عبارتند از: ١- کشش خودقیمتی پین‌دیک برای الکتریسیته نشان می‌دهد که با یک درصد افزایش در قیمت الکتریسیته، مقدار مصرف آن برای صنایع مورد بررسی حدود ٠/٧٨ درصد کاهش می‌یابد. ٢- کشش خودقیمتی پین‌دیک برای گازوئیل بیانگر این است که با یک درصد تغییر در قیمت این حامل انرژی، مصرف آن حدود ٠/٣٤ درصد در جهت عکس تغییر قیمت، تغییر می‌کند. ٣- بزرگترین کشش خودقیمتی پین‌دیک برای سایر حامل‌های انرژی بدست آمده است. این کشش این مفهوم را دربر دارد که با یک درصد تغییر در قیمت سایر حامل‌های انرژی، میزان مصرف آنها بیش از ٠/٨٧ درصد کاهش می‌یابد. ٤- بیشترین میزان کاهش آلودگی برای هر یک از حامل‌های انرژی، مربوط به انتشارات CO_2 است.البته

* عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی assiaee@atu.ac.ir
** عضو هیأت علمی مؤسسه عالی آموزش و پرورش مدیریت و برنامه‌ریزی n.khiabani@imps.ac.ir
*** کارشناس ارشد رشته اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی bmousavi2008@gmail.com

بیشترین گاز آلاینده منتشر شده در صنایع مورد بحث نیز به انتشارات CO_2 برمی‌گردد.

واژه‌های کلیدی: حامل‌های انرژی، اثرات زیست‌محیطی، تابع هزینه دومرحله‌ای ترانس‌لوگ، یارانه انرژی، معادلات رگرسیونی به ظاهر نامرتبط.
طبقه‌بندی JEL: N5، N7، H2.

۱. مقدمه

در جهان امروز، انرژی یکی از عوامل مهم رشد و توسعه اقتصادی است. به دلیل اهمیت نقش آن در هزینه‌های تولید و خدمات و همچنین مسائل زیست‌محیطی، به بهبود وضعیت مصرف و کارایی هرچه بیشتر در استفاده از آن توجه زیادی می‌شود. در اقتصاد، انحراف قیمت‌های نسبی[1] از مقادیر تعادلی[2] موجب تخصیص ناکارای منابع در اقتصاد می‌شود. یک بررسی کوتاه در رابطه با قیمت حامل‌های اصلی انرژی در دو دهه اخیر در کشور، به وضوح انحراف شدید قیمتی را نمایان می‌کند که تبعات آن در طول این دو دهه در کنار رشد روزافزون جمعیت سبب افزایش فزاینده و پرشتاب مصرف انرژی و اتلاف شدید آن در اقتصاد شده است.[3] در کشور ما به دلیل وجود ذخایر عظیم گاز و نفت، فرآورده‌های این منابع با قیمت پایین‌تر از قیمت جهانی در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد. این مسئله باعث افزایش مصرف بی‌رویه انرژی در کشور شده است. به عنوان مثال ارزان بودن منابع و حامل‌های انرژی، باعث استفاده از تجهیزات انرژی‌بر شده است. زیرا تجهیزات انرژی‌بر، هزینه کمتر و سود بیشتری را ایجاد می‌کنند. استفاده بی‌رویه از انرژی و پرداخت یارانه به مصرف سوخت‌های فسیلی آثار زیان‌باری دارد. علاوه بر آثار اقتصادی پرداخت یارانه به حامل‌های انرژی، مسائل زیست‌محیطی ناشی از مصرف فزاینده این حامل‌ها نیز نگران‌کننده است. در کشور ما وجود انحراف قیمتی اشاره شده موجب افزایش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی شده است. افزایش آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، به ویژه در کلانشهرها مشکلات فراوانی را ایجاد کرده است که بخشی از آن به قیمت پایین حامل‌های انرژی برمی‌گردد.

---

1. Relative Prices
2. Equilibrium Quantities

۳. خیابانی (۱۳۸۷)

۲. پیشینه تحقیق

کمک‌های مالی دولت که به کاهش قیمت مصرف‌کننده یا کاهش هزینه تولیدکننده منجر شود، به نوعی در قالب یارانه می‌گنجد. برای مثال کمک‌های مستقیم و بلاعوض دولت به بنگاه‌های عرضه‌کننده، تصویب و اعمال قوانین و مقررات حمایتی، اعطای وام‌های با بهره پایین به تولیدکنندگان و عرضه‌کنندگان، صرف هزینه‌های مربوط به تحقیق و توسعه که معمولاً توسط دولت‌ها انجام می‌شود، تخفیف‌های مالیاتی، تخفیف در تعرفه‌های بازرگانی و حقوق گمرکی، مدیریت و مالکیت دولت بر ذخایر انرژی، هزینه‌های صرف‌شده برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید و مصرف انرژی و به طور کلی تمامی دخالت‌های مستقیم و غیرمستقیم دولت، یارانه نام می‌گیرد و تنها به یارانه‌های قیمتی، مستقیم، نقدی و یا مندرج در بودجه دولت محدود نمی‌شوند.[1]

قیمت به عنوان مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عرضه و تقاضا در سیاستگذاری انرژی، نقش بسزایی ایفا می‌نماید و همواره اعمال قیمت‌های مختلف اثرات قابل توجهی بر اقتصاد کشور دارد. در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۶ قیمت اسمی نفت کوره، نفت گاز، نفت سفید، بنزین، گاز مایع، گاز طبیعی و برق به ترتیب ۱۶/۸، ۱۵/۲، ۱۵/۲، ۲۰/۱، ۱۵/۴، ۱۲/۶ و ۱۱/۴ درصد در سال رشد داشته است. چنان‌چه اثر افزایش سطح عمومی قیمت‌ها از این ارقام حذف شود، رشد قیمت واقعی حامل‌های انرژی در دوره مذکور به ترتیب برای حامل‌های فوق‌الذکر معادل ۱/۶، ۰/۳، ۴/۵، ۰/۴، ۲- و ۳- درصد در سال خواهد شد.[2] بنابراین قیمت واقعی گاز طبیعی و برق نه تنها افزایش نداشته است بلکه سالانه ۲ و ۳ درصد نیز به ترتیب کاهش داشته‌اند. این مطلب بیانگر رشد یارانه پرداختی در این سال‌ها است.

تحقیقات صورت‌گرفته در حوزه محیط زیست با توجه به جدید بودن مسائل زیست‌محیطی بسیار محدود است. البته در زمینه مدل‌سازی تقاضای حامل‌های انرژی و اثرات اقتصادی و اجتماعی تغییر قیمت، تحقیقات اندکی (به خصوص در داخل کشور) انجام شده است. اغلب تحقیقاتی که در داخل کشور در این زمینه انجام شده‌اند مبتنی بر جداول داده- ستانده هستند. اخباری (۱۳۸۷) به بررسی آلاینده‌زایی مصارف خانوار با استفاده از الگوی داده- ستانده پرداخته است. وصفی اسفستانی (۱۳۸۵) رابطه اقتصاد، انرژی و محیط زیست را در یک چارچوب داده-

1. Von Moltke, *et al* (2004)

۲. ترازنامه (۱۳۸۶)

ستانده بررسی نموده است و در پایان جدول داده- ستانده زیست‌محیطی را استخراج کرده است. نوروزی (۱۳۸۵) اثرات زیست‌محیطی حذف یارانه بنزین و گازوئیل را با استفاده از تخمین تابع تقاضا و جدول داده- ستانده زیست‌محیطی مورد مطالعه قرار داده است. در خارج از کشور تحقیقات زیادی در این حوزه صورت گرفته است و در این مطالعات علاوه بر روش‌های داده- ستانده از روش‌های با پایه نظری نئوکلاسیکی نیز استفاده شده است. فلوروس و لاکو[1] اثرات زیست‌محیطی مالیات کربن را در یونان با استفاده از روش‌شناسی که از اقتصاد خرد گرفته شده است، مطالعه نموده‌اند. در روش‌شناسی به کاربرده شده در پژوهش حاضر از همین مقاله استفاده شده است. مانفرد لنزن[2] در تحقیقی، انرژی اولیه و گازهای گلخانه‌ای منتشره از مصرف سوخت‌های فسیلی را بررسی می‌کند. این تحقیق با استفاده از جدول داده- ستانده زیست‌محیطی صورت گرفته است.

۳. روش‌شناسی

در این مقاله، روش‌شناسی بررسی اثرات زیست‌محیطی حذف یارانه حامل‌های انرژی شامل دو مرحله است که عبارتند از:

۱. تخمین تابع تقاضا برای هر یک از حامل‌های انرژی مورد بررسی با استفاده از الگوهای اقتصادسنجی برای صنعت
۲. بررسی اثرات زیست‌محیطی حذف یارانه حامل‌های انرژی در بخش صنعت

۳-۱. تخمین توابع تقاضای حامل‌های انرژی

معادلات اقتصادسنجی تقاضای انرژی از یک فرآیند تصمیم‌گیری دومرحله‌ای بدست می‌آید. در مرحله اول کل مخارج خانوارها بین گروه‌های مختلف کالاها و خدمات و کل هزینه‌های بنگاه بین گروه‌های گوناگون نهاده‌ها تخصیص داده می‌شود. در مرحله دوم، توزیع مخارج هر گروه بین اجزای آن صورت می‌پذیرد. در مدل‌سازی، تقاضای انرژی بین انواع حامل‌ها شکسته می‌شود. این فرآیند دومرحله‌ای از نظر تئوری تنها تحت شروط و قیود خاصی توجیه‌پذیر است. اغلب مطالعات صورت‌گرفته بر روی تقاضای حامل‌های انرژی روی یکی از این دو مرحله متمرکز می‌شوند. در گروهی از این مطالعات، تقاضای کل انرژی در نظر گرفته شده است و مکمل یا جانشین بودن

1. Floros, Nikolas and Andriana Vlaqchou (2005)
2. Manfrd Lenzen (1998)

انرژی با سایر عوامل تولید (سرمایه، نیروی کار و ...) مورد بررسی قرار گرفته است. در حالی که در گروه دیگری از تحقیقات، بر روی جانشینی بین مؤلفه‌های انرژی تمرکز شده است و میزان تقاضا برای هر یک از این حامل‌ها ارزیابی شده است. تحقیق حاضر با توجه به تئوری رفتار تولیدکننده هر دو مرحله را پوشش می‌دهد و بنابراین در این قسمت به معرفی مدل مورد نظر برای تخمین توابع تقاضای حامل‌های انرژی در بخش صنعت با توجه به توابع تولید و هزینه می‌پردازیم.

در این مطالعه، تولید تابعی از نیروی کار، سرمایه و انرژی در نظر گرفته می‌شود. البته در این مطالعه، انرژی یک نهاده تولید، نفت گاز، برق و سایر حامل‌های انرژی (بنزین، نفت سفید، نفت کوره، گاز طبیعی و گاز مایع) است. در این تحقیق با استفاده از تئوری اقتصاد خرد در مورد استخراج تقاضای نهاده‌های تولید، توابع تقاضا برای عوامل تولید نامبرده در بخش صنعت تخمین زده خواهد شد و یک تابع هزینه ترانس‌لوگ برای تخمین تقاضا و کشش‌های مرتبط با آن به کار گرفته شده است. زیرا تابع هزینه تراس‌لوگ دارای خصوصیات مناسب از تئوری دوگانگی و تقریب دومرحله‌ای (که در این تحقیق به کار می‌رود) است.

ما چگونگی اثرگذاری تغییر قیمت یک حامل انرژی خاص را در طی اثر بازخورد، جانشینی بین خود حامل‌ها و جانشینی بین حامل‌های انرژی و سایر عوامل تولید (در اینجا کار و سرمایه) را مدل‌سازی می‌کنیم. بنابراین در اینجا دو مدل خواهیم داشت که یکی به تخمین معادلات سهم تقاضا بین عوامل تولید می‌پردازد و دیگری به تخمین معادلات سهم تقاضا بین حامل‌های انرژی به عنوان انرژی مورد استفاده می‌پردازد و مدل سهم حامل‌ها به عنوان یک زیر مدل بین نهاده‌ها در نظر گرفته می‌شود.

فرض می‌کنیم یک تابع تولید مشتق‌پذیر برای بخش صنعت وجود دارد که این تابع تولید بیانگر این مطلب است که تولید (Y) تابعی از سرمایه (K) نیروی کار (L) و انرژی (E)است. به علاوه فرض می‌شود تابع تولید مورد استفاده برای بخش صنعت به صورت ضعیف به بخش‌های اصلی (سرمایه، نیروی کار و انرژی) جداپذیر است. این فرض به ما اجازه می‌دهد که یک شاخص قیمت انرژی برای زیر مدل انرژی (نفت گاز (GO)، برق (EL) و سایر حامل‌ها (OTHERS)) بسازیم. تحت این فروض تابع تولید به شکل زیر می‌تواند نوشته شود:

$$Y = F(K, L, E[GO, EL, OTHERS]) \qquad (۱)$$

اگر قیمت عوامل تولید و سطح تولید را برونزا در نظر بگیریم، آنگاه ساختار تولید می‌تواند به وسیله تابع هزینه زیر تعیین گردد:

$$C = G\left(P_K, P_L, P_E[P_{GO}, P_{EL}, P_{OTHERS}], Y\right) \qquad (۲)$$

در معادله (۲)، C هزینه کل، P_K قیمت عامل سرمایه، P_L قیمت عامل نیروی کار، P_E قیمت عامل انرژی است و قیمت انرژی به عنوان شاخصی از قیمت نفت‌گاز (P_{GO})، برق (P_{EL}) و نفت کوره (P_{OTHERS}) درنظر گرفته شده است. ما تابع هزینه (۲) را به شکل یک تابع هزینه ترانس‌لوگ نشان می‌دهیم و با اعمال فرض تقارن[1] روی مشتق‌های جزئی مرتبه دوم و فرض برونزا بودن قیمت عوامل تولید (رقابتی بودن بازار)، تابع هزینه ترانس‌لوگ برای بخش صنعت به شکل زیر بدست می‌آید:

$$\begin{aligned} \ln C = \alpha_{\cdot} + \gamma_{y} \ln Y + \cdot/\delta \gamma_{yy} (\ln Y)^{۲} + \sum_{i=۱}^{n} \beta_i \ln P_i \\ + \cdot/\delta \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ + \sum_i \gamma_{yi} \ln Y \ln P_i \qquad i, j = K, L, E \end{aligned} \qquad (۳)$$

تابع هزینه ترانس‌لوگ به ما اجازه می‌دهد که نیاز به تشخیص یک تابع تولید خاص نداشته باشیم و لازم نیست که کشش‌های جانشینی را ثابت یا برابر فرض کنیم.[2] با حداقل‌سازی تابع هزینه (۳) نسبت به قیمت عوامل تولید و استفاده از لم‌شفارد، سهم هزینه‌ای هر یک از عوامل تولید بدست می‌آید. لم‌شفارد[3] را می‌توان با رابطه زیر نشان داد:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{P_i X_i}{C} = S_i$$

تابع تقاضای عامل تولید iام با توجه به رابطه بالا، برحسب سهم هزینه S_i، با رابطه (۴) نشان داده می‌شود.

---

1. Symmetry

۲. هنجای‌یون‌ما و دیگران (۲۰۰۸)

3. Shephard's lemma

$$S_i = \beta_i + \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{yi} \ln Y + \gamma_{ti} T \qquad (۴)$$

سیستم معادلات (۴) باید مجموعه‌ای از شرایط را رعایت کند[1] که این شرایط بر محدودیت‌های پارامتری برای اثبات شرط ($\sum S_i = 1$) اشاره دارد، زیرا مجموع سهم‌های هزینه باید برابر با یک شود. این مجموع شرایط عبارتند از:

$$\sum_{i=1}^{n} \beta_i = 1 \;,\; \gamma_{ij} = \gamma_{ji} \;,\; \sum_{i=1}^{n} \gamma_{ij} = 0 \;,\; \sum_{i=1}^{n} \gamma_{iy} = 0 \;,\; \sum_{i=1}^{n} \gamma_{it} = 0 \qquad (۵)$$

دو مجموعه کشش از سیستم معادلات (۴) قابل استخراج است که در تحلیل‌های ما می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

۱. کشش‌های جانشینی جزئی آلن[2] σ_{ij} (رابطه (۶))

۲. کشش‌های قیمتی تقاضای عوامل تولید[3] ε_{ij} (رابطه (۷))

کشش‌های آلن به شکل زیر نشان داده می‌شوند و نشان‌دهنده رابطه جانشینی یا مکملی بین دو نهاده تولید i و j هستند:

$$\sigma_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2} \quad , \quad \sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ii} + S_i S_j}{S_i S_j} \quad if \quad i \neq j \qquad (۶)$$

کشش‌های قیمتی تقاضا، از کشش‌های آلن و سهم‌های هزینه‌ای بدست می‌آیند:

$$\varepsilon_{ii} = \sigma_{ii} S_i \quad , \quad \varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} S_j \quad if \quad i \neq j \qquad (۷)$$

کشش‌های خودقیمتی و متقاطع که از رابطه (۷) محاسبه می‌شود، برای بررسی اثرات تغییر قیمت هر یک از عوامل بر تقاضای خودش و تقاضای سایر عوامل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مدلی که در بالا ارائه شد، مدل بین عوامل تولید نام دارد. در مرحله بعد باید زیرمدل انرژی را که نشان‌دهنده تقاضا برای هر یک از حامل‌های انرژی است، معرفی کنیم. برای استخراج معادلات تقاضای هر یک از حامل‌های مورد نظر، از شاخص قیمت انرژی (P_E) استفاده می‌کنیم. از

1. Adding Up Conditions
2. Allen Partial Elasticities of Substitution
3. Factor Price Elasticities of Demand

آنجایی که (P_E) قیمت انرژی به ازای هر واحد است، بنابراین می‌تواند نشان‌دهنده هزینه به ازای هر واحد نیز باشد که عامل بهینه‌یابی است. این شاخص قیمت را بوسیله یک تابع هزینه ترانس‌لوگ همگن با بازده ثابت نسبت به مقیاس نشان می‌دهیم:

$$\ln P_E = \alpha_{\cdot} + \sum_{i=1}^{n} \beta_i \ln P_{Ei} + \cdot/\Delta \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_{Ei} \ln P_{Ej} \qquad (۸)$$

در اینجا نیز مانند مدل بین عوامل که قبلاً معرفی شد، با مشتق‌گیری از تابع هزینه بالا نسبت به قیمت هر یک از حامل‌های انرژی و با توجه به لم‌شفارد، معادلات سهم‌های هزینه‌ای بدست می‌آیند که در واقع همان معادلات تقاضا برای هر یک از مؤلفه‌های حامل‌های انرژی است که در رابطه‌ی (۹) نشان داده شده است.

$$S_{Ei} = \beta_i + \sum_{i=1}^{n} \gamma_{ij} \ln P_{Ej} \qquad i, j = GO, EL, OTHERS \qquad (۹)$$

S_{Ei} سهم هزینه iامین حامل انرژی در هزینه کل انرژی است و از تقسیم هزینه حامل iام به هزینه کل انرژی بدست می‌آید و مانند مدل بین عوامل در اینجا نیز $\sum S_{Ei} = ۱$ باید باشد. در نتیجه مجموعه‌ای از شرایط[1] باید برای برقراری این شرط برقرار باشند. این شرایط عبارتند از:

$$\sum_{i=1}^{n} \beta_i = ۱ \quad , \quad \gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad , \quad \sum_{i=1}^{n} \gamma_{ij} = \cdot \qquad (۱۰)$$

کشش‌های جانشینی آلن و کشش‌های قیمتی با استفاده از روابط (۶) و (۷) می‌توانند برای سیستم معادلات سهم هزینه‌ای زیرمدل انرژی رابطه (۹) محاسبه شوند. ولی در روش دومرحله‌ای، برای محاسبه کشش‌های قیمتی زیرمدل از روش پین‌دیک برای هر یک از حامل‌های انرژی استفاده می‌شود. پین‌دیک این روش را در سال ۱۹۷۹ در مقاله‌ای با عنوان «جانشینی بین سوختی و تقاضای صنعت برای انرژی (یک مقایسه بین‌المللی)»، ارائه کرده است. ما نیز در این مقاله به پیروی از پین‌دیک کشش‌های قیمتی را برای زیرمدل انرژی به روش وی محاسبه خواهیم کرد. کشش‌های قیمتی کل برای هر یک از حامل‌های انرژی با روابط زیر بدست می‌آید:

1. Adding Up Condition

$$\varepsilon_{ii}^{*} = \varepsilon_{ii} + \varepsilon_{EE} S_{Ei} \quad , \quad \varepsilon_{ij}^{*} = \varepsilon_{ij} + \varepsilon_{EE} S_{j} \quad if \quad i \neq j \qquad (۱۱)$$

در رابطه (۱۱)، ε_{ii}^{*} کشش خودقیمتی هرحامل، ε_{ij}^{*} کشش متقاطع قیمتی بین دو فرآورده i و j، S_{Ei} سهم هزینه‌ای حامل iام و ε_{EE} کشش خودقیمتی کل انرژی که از معادلات (۶) و (۷) محاسبه شده و در رابطه (۱۱) قرار می‌گیرند.

تخمین کامل این مدل در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله‌ی اول سیستم معادلات سهم هزینه‌ای در رابطه (۹) را با توجه به مجموعه شرایط رابطه (۱۰) تخمین می‌زنیم. این مرحله تخمینی از روابط بین حامل‌های انرژی برای ما در بخش صنعت ارائه می‌کند. پارامترهای بدست آمده از تخمین سیستم معادلات (۹) را در شاخص قیمت انرژی جایگذاری می‌کنیم و تخمین $\hat{P}_E$ را برای P_E بدست می‌آوریم. در مرحله دوم، $\hat{P}_E$ را به جای P_E در سیستم معادلات (۴) جایگذاری می‌کنیم. سپس سیستم معادلات (۴) را با اعمال مجموعه شرایط (۵) تخمین می‌زنیم و در این مرحله نیز اطلاعاتی از روابط بین عوامل تولید بدست می‌آوریم. بعد از انجام این دو مرحله کشش‌هایی که در روابط (۶) و (۷) و (۱۱) نشان دادیم، قابل محاسبه هستند. کشش‌هایی که از رابطه (۱۱) بدست می‌آیند برای بررسی اثرات زیست‌محیطی حذف یارانه انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بخش دوم روش‌شناسی این پژوهش به بررسی این نکته به عنوان هدف نهایی این تحقیق خواهیم پرداخت. گفتنی است که سیستم معادلات (۴) و (۹) با تکنیک سیستم معادلات به ظاهر نامرتبط (SURE)[1] تخمین زده خواهند شد.

۳-۲. اثرات زیست‌محیطی حذف یارانه حامل‌های انرژی

بعد از تخمین توابع تقاضا برای حامل‌های انرژی، بررسی اثرات زیست‌محیطی حذف یارانه حامل‌های انرژی امکان‌پذیر است. با استفاده از کشش‌های قیمتی که از رابطه (۱۱) بدست می‌آیند، میزان تغییر در مصرف هر یک از حامل‌ها بر اثر تغییر آن‌ها را برای سال ۱۳۸۶ محاسبه می‌کنیم. بدیهی است قبل از بررسی میزان تغییر در مصرف حامل‌ها باید میزان تغییر در قیمت بر اثر حذف یارانه محاسبه شود.

برای محاسبه میزان یارانه در ترازنامه انرژی از روش‌های مختلفی بهره می‌گیرند که دو روش اصلی آن روش شکاف قیمت و روش معادل یارانه مصرف‌کننده است که تا اندازه‌ای مشابه هم

1. Seemingly Unrelated Regression Equation

بوده و به جای یکدیگر به کار می‌روند. یارانه در روش دوم عبارت است از جمع جبری تفاوت بین قیمت‌های داخلی و جهانی به علاوه تمامی پرداخت‌های مالی مستقیم به مصرف‌کننده که قیمت پرداختی برای مصرف داخلی را کاهش می‌دهند. در به کارگیری این روش برای محاسبه یارانه‌های انرژی در ایران، ساده‌سازی‌های زیادی اعمال شده است.[۱] بنابراین مقدار یارانه انرژی پرداخت‌شده که در ترازنامه انرژی مطرح می‌شود، تنها یک تقریب خواهد بود.

در این تحقیق ما از روش ترازنامه‌ی انرژی تبعیت می‌کنیم. چون در ترازنامه انرژی وزارت نیرو این ارقام محاسبه شده است، ما نیازی به انجام این محاسبات نداریم. بعد از محاسبه کشش‌های قیمتی پین‌دیک و با استفاده از ضرایب انتشار آلودگی، مقدار تغییر در انتشار آلاینده‌های مورد نظر (CO_2، SO_2، CH، NO_X، SPM) را بعد از حذف یارانه آنها بدست می‌آوریم.

٤. پایه‌های آماری

داده‌هایی که در این پژوهش استفاده شده‌اند از منابع آماری زیر بدست آمده‌اند:

۱. آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور، منتشر شده توسط مرکز آمار ایران
۲. حساب‌های ملی ایران، منتشر شده توسط بانک مرکزی
۳. ترازنامه انرژی کشور، منتشر شده توسط وزارت نیرو

مرکز آمار ایران، آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور را در قالب نشریات آمار کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور منتشر می‌کند که آخرین نشریه آن در زمان نگارش این پژوهش، مربوط به داده‌های سال ۱۳۸۶ است و این آمارها در قالب طبقه‌بندی ۲۳گانه مطابق با نسخه سوم بین‌المللی صنعتی[۲](ISIC3) با کدهای ۱۵ تا ۳۷ منتشر گردیده است. این کدها را در ادامه معرفی خواهیم کرد.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل ۱- ارزش افزوده، ۲- قیمت نیروی کار، ۳- قیمت سرمایه، ۴- کل هزینه صرف‌شده توسط بنگاه برای تولید، ۵- سهم هزینه انرژی، ۶- سهم هزینه نیروی کار، ۷- سهم هزینه سرمایه، ۸- قیمت برق مصرفی بنگاه‌ها، ۹- قیمت گازوئیل مصرفی بنگاه‌ها، ۱۰- قیمت سایر انرژی‌های مصرفی، ۱۱- سهم هرینه‌ای برق مصرفی از هزینه کل انرژی، ۱۲- سهم هزینه‌ای گازوئیل از هزینه کل انرژی و ۱۳- سهم هزینه‌ای سایر حامل‌های انرژی

---

۱. ترازنامه انرژی (۱۳۸۶)

2. International Standard Industrial Classification (ISIC) Version 3

از هزینه کل انرژی است. داده‌های مورد استفاده مربوط به کارگاه‌های بزرگ صنعتی کشور (بنگاه‌هایی که بیش از ۱۰ نفر کارکن داشته‌اند) و مربوط به سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۶ است. داده‌ها به صورت تابلویی[1] شامل ۲۳ بخش و از هر بخش ۱۳ سال داده، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یعنی در مجموع $N \times T = ۲۳ \times ۱۳ = ۲۹۹$ مشاهده در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است.

۵. نتایج و بحث

بنا بر مطالعات صورت‌گرفته در آمار و ارقام مربوط به انرژی، به این نتیجه دست یافته‌ایم که حامل‌های الکتریسیته و گازوئیل، مهم‌ترین منبع انرژی هستند که در صنایع دو رقمی مورد استفاده قرار می‌گیرد و سایر حامل‌ها سهم ناچیزی در این بخش دارند. بنابراین هدف خود را بر روی این دو حامل مهم متمرکز کرده‌ایم.

۵-۱. تخمین ضرایب زیرمدل انرژی

با توجه به معادلات سهم هزینه‌ای (۹) معرفی‌شده در قسمت روش‌شناسی مدل انرژی، به شکل معادلات زیر نوشته می‌شوند:

$$\begin{aligned}
SEL &= b_1 + g_{el,el} \ln P_{el} + g_{el,go} \ln P_{go} + g_{el,others} \ln P_{others} \\
&\quad + d_1 d_1 + d_2 d_2 + \cdots + d_{22} d_{22} \\
SGO &= b_2 + g_{go,el} \ln P_{el} + g_{go,go} \ln P_{go} + g_{go,others} \ln P_{others} \\
&\quad + a_1 d_1 + a_2 d_2 + \cdots + a_{22} d_{22} \\
SOTHERS &= b_3 + g_{others,el} \ln P_{el} + g_{others,go} \ln P_{go} + g_{others,others} \ln P_{others} \\
&\quad + e_1 d_1 + e_2 d_2 + \cdots + e_{22} d_{22}
\end{aligned} \qquad (۱۲)$$

توابع اقتصادی را عموماً به صورت لگاریتمی می‌نویسند، زیرا این‌گونه توابع در اقتصاد در واقعیت نمایی هستند و از طرف دیگر کشش‌ها در این حالت راحت‌تر برآورد می‌شوند. از لحاظ آماری نیز به شکل لگاریتمی درآوردن توابع باعث می‌شود که نوسانات محدود شوند.[2] در معادلات (۱۲)، SEL، SGO و SOTHERS به ترتیب سهم هزینه‌ای حامل‌های الکتریسیته، گازوئیل و سایر حامل‌ها از هزینه‌ی کل انرژی هستند. در معادلات d_i متغیر مجازی[3] برای بخش

1. Panel Data

۲. خیابانی، جزوه درسی اقتصادسنجی کارشناسی ارشد

3. Dummy Variable

iام است. از آنجا که ما در این پژوهش ۲۳ بخش صنعتی داریم، باید ۲۳ متغیر مجازی اضافه می‌کردیم، ولی به دلیل اینکه در صورت داشتن ۲۳ متغیر مجازی ماتریس ضرایب معکوس‌ناپذیر می‌شود، ضرایب ما تخمین نمی‌خورند. بنابراین ۲۲ متغیر مجازی اضافه کرده‌ایم. متغیرهای مجازی بیانگر تفاوت ساختاری بخش‌های صنعتی هستند.

بر اساس محدودیت‌های (۱۰)، معادله سهم یکی از حامل‌ها از کل هزینه انرژی بنگاه قابل حذف است و ضرایب معادله حذف‌شده از روی ضرایب معادلات حذف نشده توسط محدودیت‌های تقارن و جمع‌پذیری[1] (همان محدودیت‌های (۱۰)) قابل محاسبه است. در این پژوهش معادله مربوط به سهم سایر حامل‌ها حذف گردیده است (زیرا تأکید ما بر روی حامل‌های اصلی است). البته نحوه حذف این معادله و اعمال محدودیت‌ها نیاز به توضیح مختصری دارد. برای حذف این معادله و محاسبه ضرایب آن با توجه به محدودیت‌ها، دو معادله اول را بر قیمت سایر حامل‌ها (P_{others}) تقسیم می‌کنیم و بنابراین P_{others} از دو معادله‌ی اول نیز حذف می‌شود و این مدل را به نرم‌افزار وارد می‌کنیم و سیستم معادلات (۱) را با استفاده از روش اقتصادسنجی معادلات به ظاهر نامرتبط زلنز (SURE) تخمین خواهیم زد. گفتنی است که در این روش هیچ تفاوتی وجود ندارد که کدام معادله حذف گردیده است. ضرایب الکتریسیته و گازوئیل در این روش نسبت به سایر حامل‌های انرژی بدست آمده‌اند که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. تخمین ضرایب زیرمدل انرژی

Prob.	t-Statistic	Error.Std	Coefficient	
۰	۴/۴۹۲۶	۰/۰۰۹۴	۰/۰۴۲۴	β_2
			-۰/۰۰۴۸	$\gamma_{go,others}$
۰/۰۰۰۱	۳/۸۹۹۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱۹۵	$\gamma_{go,go}$
۰	۴/۳۷۵۲	۰/۰۱۰۲	۰/۰۴۴۸	α_1
۰/۹۹۳۰*	-۰/۰۰۸۸	۰/۰۰۹۸	-۰/۰۰۰۱	α_2
۰/۲۲۸۱*	۱/۲۰۶۸	۰/۰۰۹۸	۰/۰۱۱۹	α_3
۰/۰۹۸۰*	۱/۶۵۷۶	۰/۰۰۹۹	۰/۰۱۶۳	α_4
۰	۰/۳۵۹۷	۰/۰۰۹۹	۰/۰۷۲۶	α_5
۰	۶/۶۱۲۱	۰/۰۰۹۸	۰/۰۶۴۸	α_6
۰/۸۶۶۰*	-۰/۱۶۸۸	۰/۰۰۹۸	-۰/۰۰۱۷	α_7

1. Adding up

α_{8}	-۰/۰۱۲۲	۰/۰۰۹۹	-۱/۲۲۸	۰/۲۲۰۰*
α_{9}	-۰/۰۱۶۵	۰/۰۱۰۲	-۱/۶۱۹۷	۰/۱۰۵۹*
α_{10}	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹۹	۰/۰۹۹۲	۰/۹۲۱۰*
α_{11}	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۹۸	۰/۲۹۴۳	۰/۷۶۸۷*
α_{12}	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۰۱	-۰/۱۹۸۷	۰/۸۴۲۶*
α_{13}	-۰/۰۳۶	۰/۰۰۹۸	-۳/۶۸۳	۰/۰۰۰۳
α_{14}	۰/۰۳۳۷	۰/۰۱۰۱	۳/۳۵۶	۰/۰۰۰۸
α_{15}	۰/۰۲۰۵	۰/۰۱	۲/۰۴۹۷	۰/۰۴۰۹
α_{16}	۰/۰۰۶۳	۰/۰۱	۰/۶۲۲۹	۰/۵۳۳۶*
α_{17}	۰/۰۲۰۸	۰/۰۰۹۹	۲/۰۹۹۵	۰/۰۳۶۲
α_{18}	-۰/۰۰۵۴	۰/۰۱۰۱	-۰/۵۳۴۵	۰/۵۹۳۲*
α_{19}	۰/۰۱۰۳	۰/۰۰۹۹	۱/۰۴۳۲	۰/۲۹۷۳*
α_{20}	۰/۰۱۳۴	۰/۰۰۹۹	۱/۳۴۵۸	۰/۱۷۸۹*
α_{21}	۰/۰۴۱۳	۰/۰۱	۴/۱۴۶	۰
α_{22}	۰/۰۵۱۷	۰/۰۱	۵/۱۶۶۶	۰
β_{3}	۰/۲۴۴	-	-	-
$\gamma_{others,others}$	۰/۰۶۴۳	-	-	-
β_{1}	۰/۷۱۳۶	۰/۰۱۶۸	۴۲/۵۰۲۱	-
$\gamma_{el,el}$	۰/۰۷۴۲	۰/۰۰۶۳	۱۱/۸۳۱۲	۰
$\gamma_{el,go}$	-۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۴	-۳/۶۷۹۳	۰/۰۰۰۳
$\gamma_{el,others}$	-۰/۰۵۹۵			
δ_{1}	-۰/۲۹۴	۰/۰۱۸۵	-۱۵/۹۳۲۱	۰
δ_{2}	-۰/۱۶۱۲	۰/۰۱۸۱	-۸/۹۰۹	۰
δ_{3}	-۰/۰۶۳۶	۰/۰۱۸۲	-۳/۴۹۲۹	۰/۰۰۰۵
δ_{4}	-۰/۱۲۵	۰/۰۱۸۱	-۶/۹۰۸۷	۰
δ_{5}	-۰/۱۲۶۵	۰/۰۱۸۱	-۶/۹۷۳۹	۰
δ_{6}	-۰/۱۲۱۶	۰/۰۱۸۱	-۶/۷۲۵۲	۰
δ_{7}	-۰/۱۶۱۷	۰/۰۱۸۱	-۸/۹۳۸۸	۰
δ_{8}	-۰/۰۵۳۳۸	۰/۰۱۸۱	-۲/۹۶۸۹	۰/۰۰۳۱
δ_{9}	-۰/۵۹۲۷	۰/۰۱۸۵	-۳۲/۰۳۴۷	۰
δ_{10}	-۰/۴۳۰۲	۰/۰۱۸۳	-۲۳/۵۶۹۹	۰
δ_{11}	-۰/۰۶۴۹	۰/۰۱۸۱	-۳/۵۸۴۹	۰/۰۰۰۴

$\delta_{۱۲}$	-۰/۲۶۸۸	۰/۰۱۸۴	-۱۴/۶۳۰۹	۰
$\delta_{۱۳}$	-۰/۱۰۷	۰/۰۱۸۱	-۵/۹۱۹۶	۰
$\delta_{۱۴}$	-۰/۱۳۹۳	۰/۰۱۸۲	-۷/۶۴۵۵	۰
$\delta_{۱۵}$	-۰/۱۴۷۷	۰/۰۱۸۲	-۸/۱۱۱۷	۰
$\delta_{۱۶}$	-۰/۱۱۹۶	۰/۰۱۸۳	-۶/۵۴۴۵	۰
$\delta_{۱۷}$	-۰/۰۷۴۳	۰/۰۱۸۱	-۴/۱۰۰۶	۰
$\delta_{۱۸}$	-۰/۰۶۳۲	۰/۰۱۸۲	-۳/۴۶۱۷	۰/۰۰۰۶
$\delta_{۱۹}$	-۰/۰۸۳	۰/۰۱۸۱	-۴/۵۸۲۲	۰
$\delta_{۲۰}$	-۰/۱۰۱۴	۰/۰۱۸۱	-۵/۵۹۰۸	۰
$\delta_{۲۱}$	-۰/۱۸۶	۰/۰۱۸۲	-۱۰/۲۳۱۸	۰
$\delta_{۲۲}$	-۰/۱۲۶۷	۰/۰۱۸۱	-۶/۶۷۶۸	۰

مأخذ: نتایج پژوهش

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، بیش از ۷۰ درصد از ضرایب برآورد شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد از لحاظ آماری معنادار است.[۱] همان‌طور که در بخش روش‌شناسی گفته شد، با استفاده از ضرایب محاسبه شده برای مجموعه‌ی معادلات زیرمدل انرژی و معادله (۸) که برای قیمت انرژی معرفی کردیم، می‌توان قیمت کل نهاده انرژی را بدست آورد. یعنی ضرایب بدست‌آمده در جدول ۱ را در تابع (۸) قرار می‌دهیم و قیمت نهاده انرژی را بدست می‌آوریم. با بدست آوردن قیمت انرژی می‌توان به مرحله بعد رفت و مرحله دوم مدل یعنی مدل بین نهاده‌های تولید را تخمین زد.

۵-۲. تخمین ضرایب مدل بین نهاده‌های تولید

عوامل عمده تولید برای بخش صنعت با توجه به روش‌شناسی ارائه شده عبارتند از انرژی (E)، سرمایه (K) و نیروی کار (L). در اینجا تصمیم داریم ضرایب این مدل را تخمین بزنیم. فرم باز شده مجموعه معادلات سهم نهاده‌های تولید که در روش‌شناسی ارائه کردیم (سیستم معادلات سهم هزینه (۴))، عبارتند از:

۱. علامت ستاره در قسمت احتمال (prob) بیانگر معنادار نبودن ضریب در سطح خطای ۵ درصد است.

$$
\begin{aligned}
SE &= \beta_1 + \gamma_{E,L} \ln P_L + \gamma_{E,E} \ln P_E + \gamma_{E,K} \ln P_K + \gamma_{E,y} \ln Y + \gamma_{E,\tau} T \\
SL &= \beta_2 + \gamma_{L,L} \ln P_L + \gamma_{L,E} \ln P_E + \gamma_{L,K} \ln P_K + \gamma_{L,y} \ln Y + \gamma_{L,\tau} T \\
SK &= \beta_3 + \gamma_{K,L} \ln P_L + \gamma_{K,E} \ln P_E + \gamma_{K,K} \ln P_K + \gamma_{K,y} \ln Y + \gamma_{K,\tau} T
\end{aligned}
\qquad (۱۳)
$$

در سیستم معادلات (۱۳)، SE، SL و SK به ترتیب سهم نهاده‌های انرژی، نیروی کار و سرمایه از کل هزینه تولید بخش صنعت است. نحوه تخمین این سیستم معادلات نیز مانند سیستم معادلات (۱۲) است. در اینجا نیز با توجه به محدودیت‌های جمع‌پذیری و تقارن ضرایب، یکی از سه معادله (۱۳) می‌تواند با استفاده از ضرایب دو معادله دیگر محاسبه شود. روش تخمین این معادلات نیز روش تخمین معادلات به ظاهر نامرتبط زلنز است. بنابراین هیچ فرقی نمی‌کند که ما کدام یک از این معادلات را حذف کنیم. در این پژوهش ما تابع سهم سرمایه را حذف کرده‌ایم، در این صورت ضرایب مرتبط با سهم سرمایه با توجه به محدودیت‌های (۵) بدست می‌آیند. به منظور برقراری محدودیت‌ها، دو معادله اول را بر شاخص قیمت سرمایه تقسیم می‌کنیم که بنابراین شاخص قیمت سرمایه از دو معادله اول حذف می‌شود. از طرف دیگر ضرایب مربوط به انرژی و نیروی کار به صورت نسبتی از سرمایه محاسبه می‌شوند. نتیجه تخمین مرحله دوم در جدول ۲ بدست آمده است:

جدول ۲. تخمین ضرایب مدل بین نهاده‌های تولید

Prob.	t- Statistic	Std. Error	Coefficient	
۰/۶۶۶۹*	۰/۴۳۰۵۷۵	۰/۰۴۸۲۸۲	۰/۰۲۰۷۸۹	β_1
۰/۶۰۶۲*	۰/۵۱۵۸۵	۰/۰۰۹۳۸۸	۰/۰۰۴۸۴۳	$\gamma_{E,L}$
۰/۰۹۳۷	-۲/۰۶۱۶۵	۰/۰۰۹۵۶۸	-۰/۰۱۹۷۳	$\gamma_{E,E}$
۰	۰	۰	-۰/۰۳۴۳۷	$\gamma_{E,K}$
۰/۸۶۰۱*	-۰/۱۷۶۳۳	۰/۰۰۳۱۳۵	-۰/۰۰۰۵۵	$\gamma_{E,Y}$
۰	۰/۰۶۳۵۹۳	۰/۰۰۰۹۸۸	۰/۰۰۵۰۰۳	$\gamma_{E,\tau}$
۰	۱۴/۰۰۴۷۹	۰/۱۰۵۰۳۲	۱/۴۷۰۹۵۴	β_2
۰/۰۰۲۳	-۳/۰۶۷۹۹	۰/۰۲۰۴۲۲	-۰/۰۶۲۶۶	$\gamma_{L,L}$

$\gamma_{L,E}$	۰/۰۵۴۰۹۶	۰/۰۲۰۸۱۴	۰۲/۵۹۸۹۵۹	۰/۰۰۹۶
$\gamma_{L,Y}$	-۰/۰۵۸۲	۰/۰۰۶۸۲	-۸/۵۳۳۷۲	۰
$\gamma_{L,\tau}$	۰/۰۳۵۷۲۸	۰/۰۰۲۱۴۹	۱۶/۶۲۳۵۴	۰
$\gamma_{L,K}$	۰/۰۵۷۸۱۲	-	-	-
$\gamma_{K,K}$	۰/۰۲۳۴۴۲	-	-	-

مأخذ: نتایج پژوهش

با توجه به جدول ۲ مشخص می‌شود که ۷۹ درصد از ضرایب تخمین زده شده، در سطح ۹۵ درصد از لحاظ آماری معنی‌دار هستند.[1] اکنون می‌توانیم با استفاده از ضرایب بدست‌آمده در مرحله اول و دوم، کشش‌های پین‌دیک را برای تقاضای حامل‌های انرژی بدست آوریم و نتایج را در جهت اهداف اولیه پژوهش تخمین بزنیم.

۵-۳. کشش‌های متقاطع و خودقیمتی پین‌دیک

با توجه به معادله (۱۱) برای محاسبه کشش‌هایی پین‌دیک به کشش خودقیمتی انرژی (ε_{EE}) و آلن برای حامل‌های انرژی نیاز داریم و بنابراین ابتدا این کشش‌ها را محاسبه می‌کنیم. کشش خودقیمتی انرژی با توجه به روابط (۶) و (۷) به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\sigma_{EE} = \frac{\gamma_{EE} + S_E^2 - S_E}{S_E} \Rightarrow \frac{-۰/۰۱۹۷۳ + (۰/۱۰۷۹)^2 + ۰/۱۰۱۷۹}{(۰/۱۰۷۹)^2} = -۹/۹۵۴۴۷$$

$$\varepsilon_{EE} = \sigma_{EE} S_E \Rightarrow -۹/۹۵۷۷۴ \times ۰/۱۰۱۷۹ = -۱/۰۷۴۸۲$$

کشش‌های آلن نیز برای حامل‌های انرژی مورد نظر این پژوهش محاسبه شده است که نتایج آن را در جدول‌های ۳ و ۴ آورده‌ایم. جدول ۳ کشش‌های جانشینی آلن را نشان می‌دهد که از معادله (۶) بدست می‌آیند و جدول ۴ کشش‌های قیمتی آلن را نشان می‌دهد که از معادله (۷) محاسبه می‌شوند.

۱. علامت ستاره در جدول ۲ بیانگر معنی‌دار نبودن ضریب در سطح خطای ۵ درصد است.

جدول ۳. کشش‌های جانشینی آلن برای زیرمدل انرژی

$\sigma_{el,el}$	-۰/۳۰۳۰۱
$\sigma_{el,go}$	۰/۰۰۰۱۰۳
$\sigma_{el,others}$	۰/۱۲۱۱۷۶
$\sigma_{go,go}$	-۱۰/۵۲۴۷
$\sigma_{go,others}$	۰/۰۰۰۵۲۳
$\sigma_{others,others}$	-۱/۰۷۸۹۲

مأخذ: نتایج پژوهش

جدول ٤. کشش‌های قیمتی برای زیرمدل انرژی

$\varepsilon_{el,el}$	-۰/۱۷۱۴۹
$\varepsilon_{el,go}$	۳/۰۳E-۰۶
$\varepsilon_{el,others}$	۰/۰۴۹۰۲۴
$\varepsilon_{go,el}$	۵/۸۲E-۰۵
$\varepsilon_{go,go}$	-۰/۳۱۰۲۹
$\varepsilon_{go,others}$	۰/۰۰۰۲۱۲
$\varepsilon_{others,el}$	۰/۰۶۸۵۷۹
$\varepsilon_{others,go}$	۱/۵۴E-۰۵
$\varepsilon_{others,others}$	-۰/۴۳۶۵

مأخذ: نتایج پژوهش

با استفاده از جدول‌های ۳ و ۴ و معادله (۱۱) می‌توانیم کشش‌های پین‌دیک را محاسبه کنیم. مزیت کشش‌های قیمتی پین‌دیک نسبت به کشش‌های قیمتی آلن این است که این کشش‌ها مدل انرژی را به عنوان یک زیرمدل از نهاده‌های انرژی دربر می‌گیرند، حال آن‌که کشش‌های آن مدل انرژی را مستقل از مدل نهاده‌های انرژی درنظر می‌گیرند. نتایج مربوط به کشش قیمتی پین‌دیک در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. کشش‌های قیمتی پین‌دیک

$\varepsilon^{*}_{el,el}$	-۰/۷۷۹۷۸
$\varepsilon^{*}_{el,go}$	-۰/۰۳۱۶۹

$\varepsilon^{*}_{el,others}$	-۰/۳۸۵۸۱
$\varepsilon^{*}_{go,el}$	-۰/۶۰۸۲۳
$\varepsilon^{*}_{go,go}$	-۰/۳۴۱۹۸
$\varepsilon^{*}_{go,others}$	-۰/۴۳۴۶۲
$\varepsilon^{*}_{others,el}$	-۰/۵۳۹۷۱
$\varepsilon^{*}_{others,go}$	-۰/۰۳۱۶۷
$\varepsilon^{*}_{others,others}$	-۰/۸۷۱۳۳

مأخذ: نتایج پژوهش

یافته‌های ارائه شده در جدول ۵ برای ما بسیار حائز اهمیت است. با نگاه اول در این جدول متوجه می‌شویم که تمامی کشش‌های خودقیمتی و متقاطع کوچک‌تر از یک هستند. یعنی این‌که با تغییر یک درصدی قیمت مقدار مصرف از این حامل‌ها کمتر از یک درصد تغییر می‌کند. به بیان دیگر تمامی حامل‌ها در دوره مورد بررسی برای بنگاه‌های بزرگ صنعتی کم‌کشش هستند. کشش خودقیمتی برای الکتریسیته نشان می‌دهد که با یک درصد افزایش در قیمت الکتریسیته، مقدار مصرف آن برای صنایع مورد بررسی حدود ۰/۷۸ درصد کاهش می‌یابد. بنابر آمار ارائه شده در ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶ حدود ۴۰ درصد از قیمت برق مصرفی به صورت یارانه برای صنایع مورد بحث پرداخت می‌شود. در صورت حذف این یارانه، قیمت برق به میزان ۴۰ درصد افزایش می‌یابد و با توجه به کشش قیمتی محاسبه شده در جدول ۵، مصرف برق ۳۱/۲ درصد کاهش می‌یابد. کشش خودقیمتی گازوئیل بیانگر این است که با یک درصد تغییر در قیمت این حامل انرژی، مصرف آن حدود ۰/۳۴ درصد در جهت عکس تغییر قیمت تغییر می‌کند. با توجه به اطلاعات ترازنامه انرژی، میزان مصرف گازوئیل ۱۷۳۵۶/۳ میلیارد ریال است. در نتیجه میزان یارانه برای هر بشکه نفت خام ارائه شده است و میزان یارانه برای گازوئیل برای صنایع مورد بحث معادل ۶۵ میلیون بشکه نفت خام (به عنوان واحد معادل) حدود ۲۶۷۰۲۰ ریال بدست می‌آید. چون در این سال قیمت یک بشکه نفت خام ۷۰ دلار بوده است می‌توان نتیجه گرفت که ۳۸ درصد از قیمت گازوئیل به صورت یارانه پرداخت شده است.[۱] با توجه به کشش خودقیمتی پین‌دیک، با حذف یارانه گازوئیل برای صنایع بزرگ، قیمت گازوئیل ۳۸ درصد افزایش می‌یابد و در نتیجه

۱. این عدد از تقسیم مقدار یارانه برای هر بشکه نفت خام به قیمت آزاد هر بشکه نفت خام بدست آمده است.

میزان مصرف گازوئیل ۱۲/۹۲ درصد کاهش می‌یابد. بزرگترین کشش خودقیمتی برای سایر حامل‌های انرژی بدست آمده است. این کشش این مفهوم را دربر دارد که با یک درصد تغییر در قیمت سایر حامل‌های انرژی میزان مصرف آنها بیش از ۰/۸۷ درصد کاهش می‌یابد. در تحلیل این دسته از حامل‌ها نیز به اطلاعات ترازنامه انرژی برای سال ۱۳۸۶ نیازمندیم. با توجه به این اطلاعات میزان یارانه پرداختی که معادل با یک بشکه نفت خام محاسبه می‌شود، ۲۷۰۸۱۰ ریال بدست می‌آید.[1] این میزان یارانه بیانگر این است که حدود ۳۹ درصد از قیمت این حامل‌ها بوسیله یارانه پرداخت می‌شود. بنابراین در نتیجه حذف یارانه این حامل‌ها قیمت آنها حدود ۳۹ درصد افزایش می‌یابد که با توجه به کشش خودقیمتی محاسبه شده، مقدار مصرف این حامل توسط بنگاه‌های بزرگ صنعتی ۳۳/۹۳ درصد کاهش می‌یابد.

از نکات جالب توجه دیگری که از جدول ۵ بدست می‌آید، مربوط به کشش‌های متقاطع حامل‌های انرژی است. علامت تمامی کشش‌های متقاطع منفی است، یعنی تمامی حامل‌ها دارای رابطه مکملی با یکدیگر هستند؛ در نتیجه با افزایش قیمت هر کدام مقدار مصرف دیگری کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتیجه بدست‌آمده از جدول ۴ تناقض آشکاری را نشان می‌دهد. ولی ما به نتیجه بدست‌آمده از روش پین‌دیک اعتماد بیشتری داریم. زیرا روش پین‌دیک کشش‌ها را با فرض وابستگی زیرمدل انرژی به مدل بین نهاده‌ها بدست می‌آورد و در واقع کشش کل انرژی در مقدار کشش هر یک از حامل‌ها مؤثر است.

اثرات زیست‌محیطی

اولین گام برای تحلیل اثرات زیست‌محیطی، یافتن آمارهای انتشار گازهای آلاینده توسط بخش صنعت در سال هدف است. این آمارها برای سال ۱۳۸۶ (آخرین سالی که اطلاعات آن در دسترس می‌باشد) موجود است و در جدول ۶ ارائه شده است. با استفاده از این جدول و با استفاده از مقدار مصرف هر یک از حامل‌ها توسط صنایع مورد نظر، می‌توانیم ضرایبی را محاسبه کنیم که نشان‌دهنده میزان انتشار هر یک از گازهای آلاینده به ازای استفاده از هر حامل به میزان یک واحد[2] است.

۱. برای رعایت اختصار از آوردن اطلاعات جزئی مربوط به میزان مصرف و ... برای این حامل‌ها امتناع کرده‌ایم.

۲. در این پژوهش، واحد همه حامل‌ها را به صورت یکسان به معدل یک بشکه نفت خام تبدیل کرده‌ایم.

جدول ٦. میزان انتشار گازهای آلاینده صنعت به تفکیک حامل‌های انرژی[1]

برحسب تن	NO_X	SO_2	*SPM*	CO_2	CH_4
سایر حامل‌های انرژی	۱۴۰۵۵۱	۲۹۴۵۰۳	۱۲۷۷۷	۶۹۸۰۶۸۰۳	۱۶۷۴
گازوئیل	۱۵۵۱۴	۴۸۷۱۵	۴۶۵۴	۸۷۴۲۸۸۲	۳۵۴
برق	۴۱۲۵۰	۱۰۶۴۴۷	۴۹۷۳	۲۷۳۲۳۱۴۳	۶۸۳

مأخذ: ترازنامه انرژی وزارت نیرو برای سال ۱۳۸۶

میزان مصرف هر یک از حامل‌های مورد استفاده در این پژوهش، توسط صنایع مورد نظر نیز در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷. مصرف حامل‌های انرژی توسط صنایع مورد نظر (برحسب بشکه نفت خام)

برق	۲۷۳۰۰۹۵۷۶
گازوئیل	۶۵۰۰۰۰۰۰
سایر حامل‌ها	۱۴۱۹۰۰۰۰۰

مأخذ: مرکز آمار ایران

با استفاده از جدول‌های ۶ و ۷ ضرایب مورد نیاز را استخراج می‌کنیم. از آنجایی که آلاینده‌ها برحسب تن و مصرف حامل‌ها ب حسب میلیون بشکه نفت خام است، بنابراین ضرایب برحسب تن به ازای یک میلیون بشکه نفت خام بدست می‌آیند و نشان می‌دهند که به ازای مصرف یک میلیون بشکه نفت خام چند تن آلودگی ایجاد می‌شود.

جدول ۸. ضرایب انتشار آلودگی به ازای مصرف حامل‌های انرژی

برحسب تن	NO_X	SO_2	*SPM*	CO_2	CH_4
برق	۱۵۱/۰۹۵۳۷۹	۳۸۹/۹۰۰۸	۱۸/۲۱۵۱۵۱۰۸	۱۰۰۰۸۱/۳	۲/۵۰۱۱۹۹۸۷۴
گازوئیل	۲۳۸/۶۷۶۹۲۳	۷۴۹/۴۶۱۵	۷۱/۶	۱۳۴۵۰۵/۹	۵/۴۴۶۱۵۳۸۵
سایر	۹۹۰/۴۹۳۳۰۵	۲۰۷۵/۴۲۶	۹۰/۰۴۲۲۸۳۳	۴۹۱۹۴۳/۶	۱۱/۷۹۷۰۴۰۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۱. برای سایر حامل‌ها، انتشار گازهای آلاینده ناشی از مجموع حامل‌های نفت کوره، نفت سفید، بنزین، گاز طبیعی و گاز مایع است.

ضرایب جدول ۸ از تقسیم مقدار انتشار آلاینده‌های هر حامل انرژی (که در جدول ۶ نشان داده شده است)، به مقدار مصرف همان حامل انرژی بدست می‌آید. هر یک از این ضرایب نشان می‌دهند که با کاهش (افزایش) مصرف هر حامل معادل یک میلیون بشکه نفت، هر یک از گازهای آلاینده چند تن کاهش (افزایش) می‌یابد. حال با استفاده از این ضرایب و با استفاده از کشش‌های پین‌دیک، می‌توانیم به تحلیل‌های زیست‌محیطی حذف یارانه حامل‌های انرژی بپردازیم.

بعد از تخمین کشش‌های پین‌دیک مشخص شد که مقدار مصرف برق، گازوئیل و سایر حامل‌ها بعد از حذف یارانه آنها، به ترتیب، ۳۱/۲ درصد، ۱۲/۹۲ درصد و ۳۳/۹۳ درصد کاهش می‌یابد. حال اگر درصدهای بدست آمده را به مقادیر مطلق کاهش مصرف هر حامل تبدیل کنیم، می‌توان با استفاده از ضرایب جدول ۸ میزان کاهش انتشار هر آلاینده را نیز محاسبه کرد. با ضرب هر یک از درصدهای بدست‌آمده در مصرف حامل انرژی مربوطه (جدول ۷) میزان مطلق کاهش هر حامل انرژی برای صنایع مورد نظر بدست می‌آید. این مقادیر در جدول ۹ محاسبه شده‌اند.

جدول ۹. کاهش مصرف حامل‌ها بعد از حذف یارانه هر حامل

	درصد کاهش	مقدار کاهش
برق	۳۱/۲	۸۵/۱۷۸۹۹
گازوئیل	۱۲/۹۲	۸/۳۹۸
سایر حامل‌ها	۳۳/۹۳	۴۸/۱۴۶۶۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

اگر مقادیر کاهش مصرف هر حامل را در ضرایب انتشار آلاینده آن حامل (جدول ۸) ضرب کنیم، مقدار کاهش هر یک از آلاینده‌ها را به تفکیک هر حامل بدست می‌آوریم. نتیجه نهایی این پژوهش نیز همین مطلب است که در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰. میزان کاهش انتشارات گازهای آلاینده بعد از حذف یارانه حامل‌های انرژی

برحسب تن	NO_X	SO_2	*SPM*	CO_2	CH_4
برق	۱۲۸۷۰/۱۵۱۴	۳۳۲۱۱/۳۵	۱۵۵۱/۵۴۸۱۳	۸۵۲۴۸۲۱	۲۱۳/۱۱۷۷۲
گازوئیل	۲۰۰۴/۴۰۸۸	۶۲۹۳/۹۷۸	۶۰۱/۲۹۶۸	۱۱۲۹۵۸۰	۴۵/۷۳۶۸
سایر	۴۷۶۸۸/۹۵۴۳	۹۹۹۲۴/۸۷	۴۳۳۵/۲۳۶۱	۲۳۶۸۵۴۴۸	۵۶۷/۹۸۸۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۰ نشان می‌دهد که با حذف یارانه حامل‌های انرژی برای بنگاه‌های بزرگ صنعتی (ده نفر کارکن و بیشتر)، میزان انتشار هر یک از حامل‌ها به چه میزان کاهش می‌یابد. بیشترین میزان کاهش آلودگی برای هر یک از حامل‌ها مربوط به CO_2 است. البته بیشترین گاز آلاینده منتشر شده در مورد صنایع مورد بحث نیز، انتشار CO_2 است.

٦. نتیجه‌گیری

۱. بررسی اثرات زیست‌محیطی اجرای این طرح نشان می‌دهد که اجرای این طرح به صورت حذف صددرصد یارانه در یک مرحله می‌تواند اثرات مثبتی را برای محیط زیست داشته باشد.

۲. بررسی اثرات اقتصادی نشان می‌دهد از آنجایی که انرژی و نیروی کار جانشین یکدیگر در بخش صنعت هستند، بنابراین کاهش مصرف انرژی می‌تواند با افزایش نیروی کار جبران شود که از لحاظ اشتغال نیز حذف یارانه این حامل‌ها در صنایع دو رقمی دارای اثرات مثبت است.

۳. نتایج تحقیق نشان می‌دهد یارانه‌ها به کاهش مصرف حامل‌های انرژی می‌انجامد و به دلیل مکمل بودن انرژی و سرمایه در بخش صنعت، سرمایه و سرمایه‌گذاری نیز کاهش می‌یابد که باعث کاهش رشد اقتصادی می‌شود و چون در کوتاه‌مدت رشد تکنولوژی نمی‌تواند کاهش رشد اقتصادی را جبران کند بنابراین کاهش رشد تولید می‌تواند اثرات زیان‌باری را به بخش صنعت و در نتیجه به کل اقتصاد وارد کند.

۷. پیشنهادات

۱- نتایج ناشی از این پژوهش صرفاً در بخش صنعت بویژه کارگاه‌های ۱۰ نفر کارگر و بیشتر است. با وجودی که این نتایج حامل پیام‌هایی اقتصادی مناسبی هستند ولی برای دست یافتن به نتایج جامع‌تر و کاربردی‌تر لازم است موضوع در یک الگوی جامع‌تر مورد بررسی قرار گیرد.

۲- علیرغم اینکه حذف صددرصد یارانه انرژی در بهبود محیط زیست بسیار مؤثر است لکن به علت بروز احتمالی اثرات منفی بر بخش صنعت، پیشنهاد می‌شود حذف یارانه‌ها به صورت تدریجی و مرحله‌ای انجام می‌شود.

۳- پیشنهاد می‌شود تحقیقات جامع با درنظر گرفتن بخش‌های مختلف اقتصاد از جمله صنعت و با سناریوهای محتمل متعدد صورت گیرد تا از نتایج بدست آمده بهره‌برداری کاربردی بیشتری بشود.

منابع

الف- فارسی

اخباری، محمد (۱۳۸۲)، «محاسبه آلاینده‌زایی مصارف خانوارها با استفاده از تحلیل داده- ستانده محیط زیستی سال ۱۳۸۷»، مجموعه مقاله‌های دومین همایش کاربرد تکنیک‌های داده- ستانده در برنامه‌ریزی اقتصادی اجتماعی، ۸-۷ اسفند ۱۳۸۱، تهران، نشر مرکز تحقیقات اقتصاد ایران، صص ۳۵۰-۳۲۱.

ترازنامه انرژی (۱۳۸۶)، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو.

حسنی، کریم (۱۳۸۶)، برآورد تأثیر ناکارایی قیمتی و تکنیکی بر تخصیص بهینه نهاده‌ها و تخمین کشش‌های قیمتی و جایگزین بین عوامل تولید توسط تابع هزینه سایه‌ای در صنایع کشور، تهران، مؤسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی.

خیابانی، ناصر (۱۳۸۸)، جزوه درس اقتصادسنجی کارشناسی ارشد، انتشارات دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی.

سهیلی، کیومرث (۱۳۸۷)، *تقاضای انرژی "نظریه‌ها، مدل‌ها و الگوهای کاربردی برای ایران"*، چاپ اول، دانشگاه رازی کرمانشاه.

قربانی، محمد و علی فیروز زارع (۱۳۸۷)، *مقدمه‌ای بر ارزش‌گذاری محیط زیست*، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

نسیبی‌پورآذر، فیروز (۱۳۶۹)، *مؤسسه پژوهش‌های بازرگانی*، تهران.

نشریات آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر (۱۳۸۶-۱۳۷۴)، مرکز آمار ایران (۱۳۸۶)، تهران.

نوروزی، غزاله (۱۳۸۵)، *آثار زیست‌محیطی (آلودگی هوا) کاهش یارانه انرژی (گازوئیل و بنزین)*، تهران، دانشگاه الزهرا، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد.

وصفی اسفستانی، شهرام (۱۳۸۵)، بررسی کمی پیوند بین فعالیت‌های اقتصادی، محیط زیست و انرژی در قالب الگوی داده- ستانده بسط یافته با تأکید بر انتشار دی‌اکسیدکربن (CO_2) در ایران، تهران، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده اقتصاد

هندرسن جیمز میشل، ریچارد ا. کوانت (۱۳۸۶)، *تئوری اقتصاد خرد: رهیافت ریاضی*، چاپ هشتم، تهران، انتشارات رسا.

ب- انگلیسی

Birol, F. Alegh and Ferroukir (1995), "Ecomics Impact of Subsidy Phase-out in Oil Exporting Developing Countries", *Energy Policy*, Vol. 23, No. 3, pp. 209-215.

Floros, Nikolas and Andriana Vlachou (2005), "Energy Demand and Energy-related (CO_2) Emissions in Greek Manufacturing: Assessing the Impact of a Carbon Tax", *Energy Economics*, Vol. 27, pp. 387-413.

George, G. Judge, *et al* (1998), *Interoduction to Theory and Practice of Economics*, Second Edition.

Greene, William H. (1993), *Econometric Analysis*, New York, Macmillan Publishing Company, Second Edition.

Henderson, James Mitchell and Richard E. Quandt (1980), *Microeconomic Theory: A Mathematical Approach*, publisher by Mak gravhill.

Hengeyun, M. *et al* (2008), "China'd Energy Economy: Technical Change, Factor Demand and Intefactor/interfuel Substitution", *Energy Economics*, Vol. 30, pp. 2167-2183.

Khiabani, Nasser and Karim Hasani (2010), "Technical and Allocative Inefficiencies and Factor Elasticities of Substitution: An Analysis of Energy Waste in Iran's Manufacturing", *Energy Economics*.

Lenzen, Manfred (1998), "Primary Energy and Greenhouse Gases Embodies in Astralian Final Consumption: An Input-output Analysis", *Energy Policy,* Vol. 26, No. 6, Printed in Gread Britain, pp. 495-506.

Mukhopadhyay, Kakali and Debech Chakraborty (2002), "Economic Reforms, Energy Consuption Changes and (CO_2) Emissions in India: A Quantitive Analysis", *Asia-Pacific Development Journal,* Vol. 9, No. 2.

Von, Moltke, *et al* (2004), "Energy Subsidies: Lessonsleaned in Assessing their Inpact and Designing Policy Reform", UNEP.