پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال ششم ، شماره 22، بهار 1396، صفحات 203-165

تجزیه و تحلیل کارایی نهاده برق در صنایع تولیدی ایران با تأکید بر هدفمندسازی یارانه‌ها

منصور مهینی‌زاده[1]
محمدعلی فیض‌پور[2]
مریم عابدی[3]

تاریخ وصول: 96/02/18 تاریخ پذیرش: 1396/08/02

چکیده:

اهمیت منابع انرژی تجدیدناپذیر از حیث کمیابی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و نقش اساسی در تولید و توسعه‌ی پایدار کشورها، توجه دولت‌ها را به کاهش مصرف و بهبود کارایی نهاده انرژی جلب نموده است. به همین منظور قانون هدفمندسازی یارانه‌ها از زمستان سال 1389 در ایران اجرا شد. با توجه به این‌که انرژی در کنار نیروی کار و سرمایه، از نهاده‌های اصلی در فرآیند تولید است؛ بی‌تردید اجرای این قانون با افزایش قیمت حامل‌های انرژی بر صنایع تولیدی اثر می‌گذارد و این اثر بسته به نوع حامل انرژی و صنعت متفاوت خواهد بود. در این پژوهش به بررسی آثار ناشی از آزادسازی قیمت بر کارایی انرژی برق در صنایع تولیدی پرداخته شده است. بدین منظور از الگوی تعدیل جزئی، روش گشتاور تعمیم‌یافته و معیار شدت انرژی‌بری استفاده شده است. داده‌های این پژوهش از مرکز آمار ایران طی دوره 1374-1392 بدست آمده است. استفاده از الگوی تعدیل جزئی برای تحلیل کارایی انرژی، دوره زمانی مورد مطالعه و بررسی تمامی گروه‌های صنایع تولیدی از نوآوری‌های این پژوهش است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، با سطح اعتماد 95 درصد، صنایع تولیدی ایران در کاهش میزان مصرف برق به طور معنی‌داری انعطاف‌پذیر هستند. اما وضعیت کارایی انرژی برق در دوره زمانی پس از هدفمندسازی یارانه‌ها در مقایسه با قبل از آن به طور معنی‌داری وخیم‌تر شده است. به عبارت دیگر قانون هدفمندسازی یارانه‌ها، بر خلاف انتظارات، حداقل در کوتاه مدت، نتوانسته است به بهبود کارایی مصرف برق در صنایع تولیدی کشور منجر شود.

1.استادیار اقتصاد دانشگاه یزد (نویسنده مسئول)
mahinizadeh@yazd.ac.ir
۲.استادیار اقتصاد دانشگاه یزد
feizpour@yazd.ac.ir
۳.کارشناس ارشد علوم اقتصادی
abedi.maryam0@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

طبقه‌بندی **JEL: K34، L51**

کلیدواژه‌ها: کارایی انرژی، هدفمندسازی یارانه‌ها، تحلیل‌های مجزاسازی

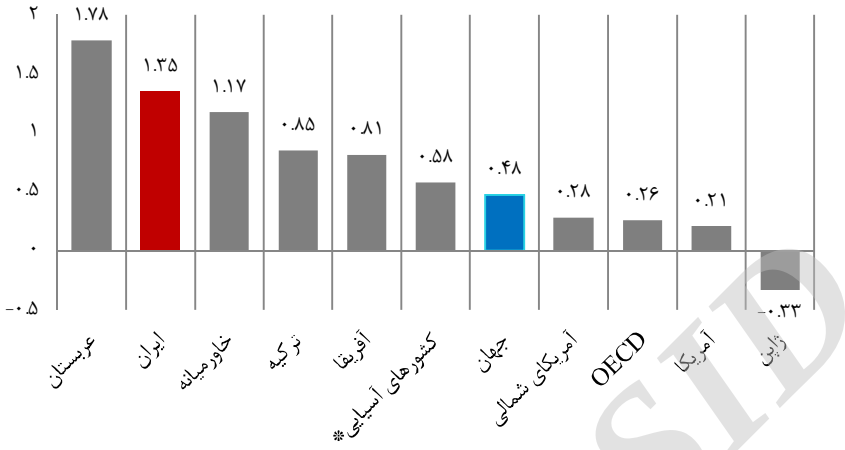
1. مقدمه

از زمانی که انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی تولید در کنار سرمایه و نیروی کار در تابع تولید جای گرفت، از جایگاه ویژه‌ای در فرآیند تولید و توسعه‌ی اقتصادی کشورها برخوردار است. بروز بحران‌های جهانی نفت در دهه‌ی 70 میلادی از یک سو و گرم شدن جهانی زمین در نتیجه‌ی انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی از سوی دیگر، دولت‌ها را بر آن داشت تا برای کاهش شدت انرژی‌بری[1] و افزایش کارایی انرژی[2] گام بردارند تا از این طریق وابستگی خود را به نهاده انرژی کاهش دهند. دسترسی آسان و ارزان به این نهاده در کشورهای با ذخایر فراوان انرژی موجب وابستگی بیش از حد بخش‌های مختلف اقتصادی آن‌ها به انرژی شده است. مروری بر شاخص‌های کلان انرژی نشان می‌دهد کشور ما ایران نیز در گروه کشوهایی است که وابستگی فراوانی به نهاده انرژی دارد. نمودار (1) به بیان نموداری متوسط ضریب انرژی ایران و برخی مناطق جهان طی دوره 1990-2011 می‌پردازد. ضریب انرژی از تقسیم نرخ رشد مصرف انرژی (به عنوان کالای نهایی) به نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (بر اساس برابری قدرت خرید) به دست می‌آید (معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، 1391). ضریب انرژیِ بزرگ‌تر از یک نشان‌دهنده‌ی این است که نرخ رشد مصرف نهایی عامل انرژی بیش‌تر از نرخ رشد تولید ناخالص داخلی است. این موضوع بیانگر وابستگی فزاینده‌ی تولید به عامل انرژی است. ایران در زمره‌ی کشورهایی با ضریب انرژی بیش‌تر از یک است.

1.Energy Intensity
2.Energy Efficiency

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار (1) متوسط ضریب انرژی ایران و برخی مناطق جهان طی دوره 2011-1990

منبع: محاسبات پژوهش بر اساس آمار ترازنامه‌ی انرژی 1391

* کشورهای آسیایی به جز اعضای سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه[1] و چین

بر مبنای این شاخص متوسط ضریب انرژی برای ایران نسبت به بسیاری از مناطق و کشورها، دارای رقم بالایی است. تنها کشور عربستان است که از این حیث نسبت به ایران وضعیت وخیم‌تری دارد. این وابستگی به انرژی و مشکلات روزافزون زیست‌محیطی ناشی از آن در کنار اتمام ذخایر انرژی در آینده نزدیک، کشورها را برآن داشت تا برای بهبود کارایی انرژی، سیاست‌های اصلاح یارانه‌ی انرژی[2] را مدنظر قرار دادند. هدف عمده این سیاست‌ها، کاهش شدت انرژی‌بری در بخش‌های مختلف اقتصادی است. این هدف می‌تواند با جایگزینی سایر نهاده‌ها و نیز انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک به جای حامل‌های انرژی تجدیدناپذیر در فرآیند تولید، تحقق یابد. تا قبل از این، اغلب کشورهای صادرکننده‌ی انرژی، برای تحقق توسعه‌ی پایدار و برقراری عدالت اقتصادی، مبالغ زیادی یارانه به حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی می‌پرداختند. در ایران نیز سهم زیادی از قیمت انواع حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی، توسط دولت

1.The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
2.Energy Subsidy Reform

Archive of SID

www.SID.ir

پرداخت می‌گردید. بطوری‌که طبق آمار کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیش‌تر مرکز آمار ایران، برای دوره ده ساله‌ی 1378-1388 متوسط سهم یارانه‌ی پرداختی دولت به برق حدود 76 درصد قیمت برق در صنایع تولیدی بوده است.

موضوع اصلاح یارانه‌ی انرژی در ایران در قالب «قانون هدفمندسازی یارانه‌ها»، اولین بار در برنامه دوم توسعه‌ی کشور مطرح و در برنامه‌های پس از آن نیز مورد توجه قرار گرفت. اما هیچ‌یک از دولت‌های پنجم تا هشتم شرایط کشور را برای اجرای آن مناسب ندیدند. تا این که دولت نهم در سال 1387 طرح تحول اقتصادی را ارائه داد. یکی از محورهای هفتگانه این طرح، هدفمندکردن یارانه‌ها است. این محور با تصویب مجلس و در زمستان سال 1389 با عنوان قانون هدفمندسازی یارانه‌ها به مرحله اجرا درآمد.

از مشکلات نظام پیشین پرداخت یارانه در حوزه‌ی صنعت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

"... پایین بودن قیمت انرژی در داخل، منجر به اقتصادی شدن استفاده از فناوری‌های هدر دهنده‌ی انرژی می‌شود. نتیجه‌ی این امر افزایش قابل توجه مصرف انرژی و افت شدید بهره‌وری انرژی و بنابراین افزایش شدت انرژی‌بری در مقایسه با سایر کشورها است... (کارگروه تحولات اقتصادی، 1388).".

این در حالی است که هدف علم اقتصاد استفاده‌ی حداقلی از منابع و راندمان حداکثری است. اما این نحوه‌ی پرداخت یارانه، اهداف علم اقتصاد و نیز اهداف ترسیم شده در اسناد بالادستی را محقق نمی‌سازد. در ادامه‌ی گزارش آمده است:

"... به منظور تحقق اثربخشی یارانه‌ها، در وهله‌ی اول لازم است نسبت به هدفمندسازی این ابزارِ حمایتی اقدام شود. انتظار بر این است که در صورت اتخاذ چنین رویکردی، می‌توان نسبت به تأمین شرایطی همچون افزایش کارایی نظام اقتصادی از طریق آزادسازی قیمت، اصلاح ساختار تولید در راستای به‌کارگیری فناوری با شدت انرژی‌بری پایین‌تر، مصرف بهینه‌ی انرژی، کاهش قاچاق و برخی موارد که در متن کامل این گزارش به آن‌ها اشاره شده است، اطمینان بیش‌تری حاصل کرد... (کارگروه تحولات اقتصادی، 1388)."

Archive of SID

www.SID.ir

همانطور که از متن این گزارش نیز پیدا است، بهبود کارایی انرژی در بخش صنعت، یکی از اهداف اصلی اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها است.

از ابتدای زمستان 1389 که این قانون به اجرا درآمد، تاکنون بیش از شش سال می‌گذرد. بنابراین لازم است بررسی شود که آیا اجرای این قانون توانسته اهداف مطلوب تدوین شده از جمله بهبود کارایی انرژی را تحقق ببخشد یا خیر؟ آیا افزایش قیمت حامل‌های انرژی بر کارایی آن‌ها در بخش صنعت تأثیر معنی‌داری داشته است؟ این سوالات، محققان این پژوهش را بر آن داشت تا اقدام به ارزیابی آثار احتمالی اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها بر کارایی انرژی در صنایع تولیدی کشور نمایند. نهاده انرژی مورد استفاده در صنایع کشور، به سه گروه عمده‌ی برق، نفت و فرآورده‌های آن و گاز طبیعی تقسیم‌بندی می‌شوند. در این پژوهش به تحلیل کارایی نهاده برق در صنایع تولیدی ایران پرداخته شده است. فرضیه‌هایی که برای دستیابی به اهداف پژوهش آزمون می‌شوند و در ادبیات آمار استنباطی مدرن به فرضیه صفر[1] شهرت دارند، از این قرار است:

1) قیمت برق تأثیر معنی‌داری بر کارایی آن در صنایع تولیدی ایران ندارد.

2) هدفمندسازی یارانه‌ها تأثیر معنی‌داری بر کارایی برق در صنایع تولیدی ایران ندارد.

3) صنایع تولیدی کشور برای دستیابی به کارایی در مصرف برق، انعطاف‌پذیری معنی‌داری ندارند.

این مقاله در شش بخش اصلی تدوین شده است. پس از بخش اول یعنی مقدمه، در بخش دوم مبانی نظری پیرامون کارایی، کارایی انرژی و یارانه ارائه می‌شود، در بخش سوم برخی مطالعات مرتبط با موضوع پژوهش بررسی می‌گردد. بخش چهارم به داده‌ها و روش‌شناسی پژوهش می‌پردازد. در بخش پنجم با تجزیه و تحلیل داده‌ها، فرضیه‌های تحقیق آزمون شده و در بخش ششم نتایج حاصل از آن ارائه می‌گردد.

1.Null Hypothesis

Archive of SID

www.SID.ir

2. مبانی نظری

با توجه به هدف پژوهش مبانی نظری در چهار بخش کارایی، کارایی انرژی، یارانه و هدفمندسازی آن ارائه می‌گردد.

2-1. کارایی

لیارد و والترز[1] (1978) بیان کردند که وجود محدودیت موجودی عوامل تولید، تکنولوژی تولید و سلیقه مصرف‌کنندگان، باعث شده تخصیص بهینه‌ی منابع برای تولید و سپس توزیع مناسب محصولات بین افراد یک جامعه به نحوی که رفاه جامعه حداکثر گردد، مهم‌ترین بحث در علم اقتصاد رفاه باشد. در ادبیات اقتصادی حداکثر رفاه جامعه را با شرایط بهینه‌ی پارتو[2] تعریف می‌کنند. بهینه‌ی پارتو به وضعیتی اتلاق می‌شود که در آن نتوان وضع یکی را بهبود بخشید مگر آن‌که وضع دیگری بدتر شود. دستیابی به چنین وضعیتی مستلزم برقراری چهار شرط لازم یعنی مصرف کارا[3]، تولید کارا[4]، کارایی همزمان در تولید و مصرف[5] و عدالت اجتماعی[6] است. برای سهولت در بیان این چهارشرط لازم است فروضی در نظر گرفت: (1) جهانی با دو کالای X و Y با مقادیر ثابت و محدود، (2) دو نهاده تولید K (سرمایه) و E (انرژی) با مقادیر ثابت و محدود و (3) دو مصرف‌کننده A و B.

مصرف کارا: با توجه به تعریف پارتو از کارایی، تحقق کارایی در مصرف مستلزم این است که هر یک از دو فرد مفروض A و B ارزش نسبی یکسانی برای دو کالای X و Y قائل باشند. این ارزش نسبی همان نرخ نهایی جانشینی (MRS_{xy})[7] است که به ازای آن، مصرف‌کننده مایل است مقدار معینی از یک کالا را در ازای یک واحد کالای دیگر از

1. Layard and Walters
2. Pareto-Optimal
3. Efficient Consumption
4. Efficient Production
5. Product-Mix Efficiency
6. Social Justice
7. Marginal Rate of Substitution

Archive of SID

www.SID.ir

دست بدهد تا سطح مطلوبیتش ثابت بماند. بنابراین شرط اول را می‌توان به‌صورت برابری $MRS_{xy}^{A} = MRS_{xy}^{B}$ نشان داد.

تولید کارا: نقاط کارای پارتو در تولید نقاطی هستند که در آن‌ها نتوان با یک تخصیص مجدد نهاده‌ها (K و E)، تولید یک محصول را افزایش داد مگر این‌که از تولید محصول دیگر کاسته شود. بنابراین تولید کارا مستلزم برابری نرخ نهایی جانشینی فنی ($MRTS_{KE}$)[1] میان عوامل تولید در صنایع است. نرخ نهایی جانشینی فنی نرخی است که به ازای آن تولیدکننده مایل است مقدار معینی از یک نهاده را در ازای یک واحد اضافی از نهاده دیگر از دست بدهد تا سطح تولیدش ثابت باقی بماند. بنابراین شرط دوم به صورت $MRTS_{KE}^{x} = MRTS_{KE}^{y}$ نشان داده می‌شود.

کارایی همزمان در تولید و مصرف: برای تحقق کارایی همزمان در تولید و مصرف، باید تصمیمات تولید و مصرف با یکدیگر سازگار باشند. یعنی نرخ نهایی جانشینی کالاها در مصرف با نرخ نهایی تبدیل[2] آن‌ها در تولید برابر باشد. نرخ نهایی تبدیل (MRT_{xy}) بیانگر هزینه‌ی فرصت یا هزینه‌ی نهایی تولید X بر حسب Y است. به دیگر سخن برابری $MRS_{xy} = MRT_{xy}$ بیانگر کارایی همزمان در تولید و مصرف است.

عدالت اجتماعی: اگر $W = w(U^{A}, U^{B})$ تابع رفاه اجتماعی و $U_T = u(U^{A}, U^{B})$ منحنی بی‌تفاوتی جامعه باشند، آنگاه نقطه‌ی بهینه‌ی اجتماعی یا سعادت مقید[3] از حداکثرسازی مقید (1) حاصل می‌گردد.

$$\begin{aligned} &Max\ W = w(U^{A}, U^{B}) \\ &s.to\ U_T = u(U^{A}, U^{B}) \end{aligned} \qquad (1)$$

در نقطه‌ی بهینه‌ی اجتماعی شیب منحنی بی‌تفاوتی رفاه اجتماعی با شیب منحنی بی‌تفاوتی جامعه برابر خواهد بود. یعنی:

1.Marginal Rate of Technical Substitution
2.Marginal Rate of Transformation
3.Constrained Bliss Point

Archive of SID

www.SID.ir

$$\left(\frac{MU_x^B}{MU_x^A}=\frac{MW_{U^A}}{MW_{U^B}}\right)\equiv\left(\frac{\frac{dU^B}{dx}}{\frac{dU^A}{dx}}=\frac{\frac{dW}{dU^A}}{\frac{dW}{dU^B}}\right) \quad (2)$$

$$\left(\frac{dW}{dU^A}\times\frac{dU^A}{dx}\right)=\left(\frac{dW}{dU^B}\times\frac{dU^B}{dx}\right) \quad (2)$$

به این معنا که ارزش اجتماعی دادن یک واحد اضافی از محصول X به فرد A برابر با ارزش اجتماعی اعطای یک واحد اضافی آن به فرد B است. نقطه‌ی سعادت مقید نشان‌دهنده‌ی تخصیص بهینه عوامل تولید در فرآیند تولید و توزیع عادلانه‌ی محصول بین مصرف‌کنندگان بصورت همزمان است(لیارد و والترز، 1978).

در دنیای واقعی یافتن نقاط کارا به این شیوه، به اطلاعات کامل و دقیق از ترجیحات مصرف‌کنندگان و امکانات تولید نیاز دارد. موضوعی که از یک سو هزینه و زمان بسیار نیاز دارد و از سوی دیگر سلیقه و ترجیحات افراد پیوسته در حال تغییر است. برای حل این مشکل سیستم قیمت‌ها می‌تواند راهگشا باشد. قیمت‌ها در بازار، علائمی هستند که تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را جهت تغییر در روند و ترکیب تولید و مصرف خویش، راهنمایی می‌کنند. در یک اقتصاد مبتنی بر مکانیسم بازار، سیستم قیمت‌ها می‌تواند تخصیص‌دهنده منابع تولید و کالاها باشد. در بازار رقابت کامل قیمت عوامل تولید و کالاهای تولیدی، ثابت و داده شده هستند. از این رو قیمت‌های نسبی نیز مقادیر ثابتی خواهند داشت. این امر موجب شده است که تمامی نرخ‌های مبادله با یکدیگر برابر باشند و از این رو کارایی در کل سیستم اقتصاد و در هر بخش آن برقرار باشد(عبادی، 1384). این مهم با عنوان اولین قضیه‌ی اقتصاد رفاه، تحت سه فرض ضمنی برقرار می‌گردد: (1) تمامی مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان، بدون توجه به سایرین به دنبال حداکثرسازی مطلوبیت یا سود با توجه به محدودیت بودجه خویش هستند؛ (2) افراد بصورت رقابتی عمل می‌کنند و (3) تعادل رقابتی واقعاً وجود دارد. در چنین شرایطی اولین قضیه اقتصاد رفاه بدین‌صورت تعریف می‌شود: «تعادل در یک مجموعه بازار رقابتی، کارای پارتو است (واریان[1]،

1.Varian

Archive of SID

www.SID.ir

2005)». می‌دانیم که با وجود محدودیت بودجه، نقطه‌ی $MRS_{xy}=\frac{MU_x}{MU_y}=\frac{P_x}{P_y}$ بیانگر نقطه‌ی تعادلی مصرف‌کننده است. از سوی دیگر کارایی در مصرف زمانی برقرار می‌شود که این نسبت برای همه مصرف‌کنندگان برابر باشد. چون در بازار رقابت کامل قیمت کالاها برای تمامی مصرف‌کنندگان یکسان است پس این نسبت برقرار است. از این رو در بازار رقابت کامل کارایی در مصرف وجود دارد. کارایی در تولید نیز به همین صورت برقرار است. زیرا $MRTS_{EK}=\frac{MP_E}{MP_K}=\frac{e}{r}$ تعادل مصرف‌کننده با وجود محدودیت مخارج است. کارایی در تولید در صورت برابری این نقطه‌ی تعادلی برای همه تولیدکنندگان برقرار میشود که با توجه به یکسان بودن قیمت نهاده‌های تولید یعنی e و r در بازار رقابت کامل، این شرط نیز برقرار است. از سوی دیگر کارایی همزمان در تولید و مصرف از برابری نرخ نهایی جانشینی در مصرف با نرخ نهایی تبدیل کالاها در تولید به دست می‌آید. که در بازار رقابت کامل این وضعیت نیز به علت ثبات قیمت‌ها، برقرار است. یعنی $MRT_{xy}=\frac{MC_x}{MC_y}=\frac{P_x}{P_y}=\frac{MU_x}{MU_y}=MRS_{xy}$. باید توجه شود که همه ویژگی‌های بازار رقابت کامل همواره در یک اقتصاد برقرار نیست. کالاهای عمومی، وجود پیامدهای خارجی و برخی عوامل دیگر که منجر به نقض فروض اولیه بازار رقابت کامل می‌گردند، می‌تواند شرایط رقابت کامل را تحت تأثیر قرار دهد. لغو این شرایط منجر به فاصله گرفتن وضعیت اقتصاد از کارایی می‌گردد (عبادی، 1384). دخالت دولت در اقتصاد از طریق اعطای یارانه به نهاده‌های تولید نیز موجب برهم خوردن شرایط رقابتی بازار و دور شدن از وضعیت کارایی می‌گردد.

2-2. یارانه از دیدگاه نظری

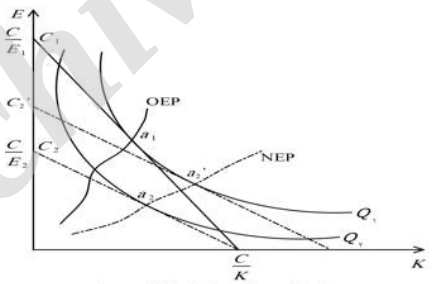
بر اساس تعریف OECD، اعطای یارانه اقدامی از سوی دولت است که با هدف دادن مزایا به مصرف‌کنندگان یا تولیدکنندگان صورت می‌گیرد، برای مصرف‌کنندگان به عنوان مکملی برای درآمد و برای تولیدکنندگان راهکاری جهت کاهش هزینه‌ی تولید است.

Archive of SID

www.SID.ir

آنچه از لحاظ نظری پرداخت یارانه را موجه می‌کند این است که یارانه منجر به بهبود رفاه اجتماعی خواهد شد. اما دیدگاه عمومی این است که خالص اثرات اعطای یارانه بر سوخت‌های فسیلی، منفی است و این نوع یارانه، هم برای یک کشور خاص و هم در مقیاس جهانی دارای اثرات سوء است. اعطای یارانه برای سوخت‌های فسیلی منجر به افزایش مصرف این سوخت‌ها و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد، علاوه بر آن سهم بالایی از بودجه‌ی دولت را به خود اختصاص می‌دهد(الیس[1]، 2010). از لحاظ نظری نیز اعطای یارانه می‌توند منجر به کاهش منفعت اجتماعی[2] و بروز زیان رفاهی[3] در جامعه گردد (لندزبرگ[4]، 2013).

پیش از این، شرط تحقق کارایی در تولید بصورت $MRTS_{EK}=\frac{MP_E}{MP_K}=\frac{e}{r}$ معرفی شد. اکنون خواهیم دید که حذف یارانه و افزایش قیمت حامل‌های انرژی می‌تواند نقطه‌ی کارای تعادلی را بر هم زده و جابجا کند. با توجه به نمودار (2) a_1 نقطه‌ی تعادل قبل از حذف یارانه انرژی (E) است. با حذف یارانه‌ی انرژی قیمت نهاده انرژی از e_1 به e_2 افزایش می‌یابد در این صورت شیب خط هزینه‌ی یکسان[5] از C_1 به C_2 گردش کرده و از $\left(\frac{r}{e_1}\right)$ به $\left(\frac{r}{e_2}\right)$ کاهش می‌یابد.



نمودار (۲) تغییر قیمت نهاده‌ها و کارایی در تولید
منبع: لندزبرگ (۲۰۱۳)

1.Ellis (2010)
2.Social Gain
3.Deadweight Loss
4.Landsburg (2013)
5.Isocost

Archive of SID

www.SID.ir

تعادل و کارایی جدید در نقطه‌ی a_2 تحقق می‌یابد. واضح است که میزان استفاده از نهاده انرژی کاهش می‌یابد، دو عامل در این کاهش مؤثر هستند. عامل اول این است که انرژی نسبت به سرمایه گران‌تر شده است و بنابراین نسبت به‌کارگیری انرژی به سرمایه در فرآیند تولید کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر مسیر توسعه‌ی اولیه (OEP)[1] به پایین و راست پرش پیدا کرده و مسیر توسعه‌ی جدید (NEP)[2] را شکل می‌دهد. مسیر توسعه اولیه از نقاط کارای تعادلی اولیه از جمله a_1 می‌کند و مسیر توسعه‌ی جدید نیز از نقاط کارای تعادلی جدید مثل a_2 و a_2' عبور می‌کند. این اثر را، اثر جانشینی[3] تغییرات قیمت انرژی می‌نامند. در واقع زمانی که قیمت یک نهاده افزایش می‌یابد،آن بخشی از تأثیرات افزایش قیمت بر اشتغال نهاده که منجر به جانشینی سایر نهاده‌ها به جای نهاده گران می‌گردد، اثر جانشینی نام دارد. عامل دوم این است که بنگاه پس از افزایش قیمت انرژی، با هزینه‌های بیش‌تری مواجه می‌شود بنابراین تمایل به استفاده از همه عوامل تولید از جمله عامل انرژی در بنگاه کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، افزایش هزینه‌های بنگاه منجر به کاهش سطح تولید و در نتیجه کاهش به‌کارگیری نهاده‌ها خواهد شد. این اثر، اثر مقیاس[4] نام دارد. در واقع زمانی که قیمت یک نهاده افزایش می‌یابد،آن بخشی از تأثیرات افزایش قیمت بر اشتغال نهاده که در اثر کاهش سطح تولید اتفاق افتاده است اثر مقیاس نام دارد (لندزبرگ، 2013).

با افزایش قیمت نهاده انرژی منحنی هزینه بنگاه‌ها به بالا انتقال می‌یابد. در این حالت بنگاه‌ها حداکثر تلاش خود را به‌کار می‌گیرند تا از انرژی کم‌تری استفاده کنند. در این حالت در صورت امکان نهاده‌های دیگر را جایگزین انرژی می‌کنند و در کنار آن ابزارها و تجهیزاتی که در استفاده از نهاده انرژی کاراتر عمل می‌کنند را جایگزین تجهیزاتی خواهند نمود که مصرف انرژی بالایی دارند. زیرا تا زمانی که نهاده انرژی ارزان‌قیمت باشد، صرف هزینه برای جانشینی تجهیزات کارآمد مصرف‌کننده‌ی انرژی از نظر اقتصادی مقرون به

1.Old Expansion Path
2.New Expansion Path
3.Substitution Effect
4.Scale Effect

Archive of SID

www.SID.ir

صرفه نیست. اما با گران شدن این نهاده صرف چنین هزینه‌هایی به ویژه در بلندمدت، برای بنگاه اقتصادی به صرفه‌تر خواهد بود. پس می‌توان انتظار داشت که با حذف یارانه‌ی نهاده انرژی و دخالت کم‌تر دولت در این راستا، کارایی انرژی در صنایع تولیدی روند مثبت و رو به بهبودی به خود بگیرد.

مبانی نظری نشان می‌دهند، پرداخت یارانه به حامل‌های انرژی استفاده‌ی بیش‌تر از این نهاده در فرآیند تولید را مقرون به صرفه‌تر می‌کند. از این رو شدت انرژی‌بری در بنگاه‌ها بالا است و آن‌ها تمایل به استفاده از تکنیک‌های انرژی‌بر در فرآیند تولید دارند. اما از یک سو نهاده‌های انرژی رو به اتمام است و از سوی دیگر مصرف بیش از حد آن‌ها منجر به مشکلات زیست‌محیطی فراوانی می‌گردد. بنابراین لازم است یارانه‌ی نهاده انرژی حذف شود تا بنگاه‌ها برای کاهش شدت انرژی‌بری در فرآیند تولید خویش تلاش کنند. در صورتی که قیمت انرژی بجای این‌که بصورت برونزا و توسط دولت تعیین شود؛ در شرایط رقابتی و از برابری عرضه و تقاضای آن حاصل شود، می‌توان به وضعیت رقابتی نزدیک‌تر شد.

محاسبه کارایی انرژی در عمل چندان ساده نیست. از این رو برای ارزیابی اثرات هدفمندسازی یارانه‌ها بر کارایی انرژی لازم است با مراجعه به مبانی نظری، معیار مناسبی برای سنجش آن انتخاب شود.

2-3. کارایی انرژی

کارایی انرژی تاکنون موضوع مطالعات بسیاری در حوزه‌ی اقتصاد بوده، که منجر به شکل‌گیری مبانی نظری گسترده‌ای در این زمینه شده است. تاکنون برای مفهوم کارایی انرژی، تعریفی که مورد قبول عام باشد ارائه نشده است و اغلب مطالعات این حوزه، کارایی انرژی را از طریق شاخص‌های محاسبه آن تعریف کرده‌اند. پترسون[1](1996) معتقد است کارایی انرژی یک واژه کلی است و مقیاس عددی روشنی برای آن وجود ندارد. به جای آن باید بر شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری تغییرات در کارایی انرژی تکیه کرد. به‌طور کلی،

1.Patterson (1996)

Archive of SID

www.SID.ir

کارایی انرژی به استفاده کم‌تر از انرژی برای تولید میزان مشخصی از کالا، خدمات یا ستانده مفید اشاره دارد. بنابراین او کارایی انرژی را بصورت معکوس شدت انرژی‌بری یا همان بهره‌وری جزئی نهاده انرژی، یعنی نسبت ستانده مفید حاصل از یک فرآیند به عامل انرژی به کار رفته در آن فرآیند، تعریف کرده است.

شاخص‌های کاریی انرژی: شاخص‌های کارایی انرژی، داده‌های مصرف انرژی را با داده‌های مربوط به توصیف سطح فعالیت ترکیب می‌کنند (ساتی[1]، 2010). بنابراین شاخص‌های کارایی انرژی، در سطوح مختلف تقاضای کل انرژی (اعم از کل اقتصاد، بخش، زیربخش، مصرف نهایی و غیره) بصورت‌های متفاوتی تعریف می‌شوند. از دهه‌ی 1970 که مطالعات انرژی روند رو به رشدی به خود گرفته، روش‌های فراوانی به منظور محاسبه انواع شاخص‌های کارایی انرژی گسترش یافته است. این روش‌ها با توجه به سطح تقاضای مورد مطالعه، داده‌های در دسترس و هدف پژوهش توسط محققین استفاده شده‌اند. بر مبنای این‌که چه مقیاسی برای صورت و مخرج نسبت شدت انرژی‌بری انتخاب شود، می‌توان شاخص‌های کارایی انرژی را طبقه‌بندی کرد (حیدری، 1382).

1)شاخص‌های ترمودینامیکی[2]: در این شاخص‌ها هم نهاده و هم ستانده بر مبنای واحدهای ترمودینامیکی (آنتالپی[3]) اندازه‌گیری می‌شوند. محاسبات مربوط به این شاخص‌ها پیچیده است و معمولاً در مطالعات اقتصادی کاربرد ندارد.

2)شاخص‌های اقتصادی[4]: در این شاخص‌ها هم نهاده و هم ستانده بر حسب واحدهای پولی اقتصاد و بر مبنای قیمت بازار محاسبه می‌شوند. این شاخص‌ها تحت تأثیر نوسانات قیمت قرار دارند و با توجه به قیمت‌های متفاوت در کشورهای مختلف، مقایسه کشورها بر مبنای آن‌ها با چالش‌هایی همراه است. در سطوح کلان و خرد قابل استفاده هستند.

1.Sathaye (2010)
2.Thermodynamic Indicators
3.Enthalpy
4.Economic Indicators

Archive of SID

www.SID.ir

3)شاخص‌های فیزیکی[1]: در این شاخص‌ها هم نهاده و هم ستانده بر حسب واحدهای فیزیکی اندازه‌گیری می‌شوند. در سطوح تحلیل خرد کاربرد دارند. برای مطالعه در سطح محصول از آن‌ها استفاده می‌شود که برای مقایسه‌ی بهتر، باید ستانده‌ها همگن باشند.

در کنار این شاخص‌ها، شاخص‌های ترکیبی نیز وجود دارند که در آن‌ها نهاده و ستانده واحد اندازه‌گیری متفاوتی دارند.

علاوه بر طبقه‌بندی ذکر شده، مرکز تحقیقات انرژی آسیا و اقیانوسیه[2] نیز اقدام به انتشار تعاریف و طبقه‌بندی شاخص‌های کارایی انرژی بصورت جدول (1) کرده است. جدول نشان می‌دهد که انتخاب سطح جمع‌بندی و روش محاسبه، به شدت تحت تأثیر داده‌های در دسترس محقق است. در کشور ما داده‌های مربوط به صنایع تولیدی، بر مبنای ویرایش سوم طبقه‌بندی ISIC[3] ارائه شده است. سطح مطالعه در این پژوهش کدهای دورقمی ISIC است که طبق جدول (1) در گروه زیربخش‌های صنعتی قرار می‌گیرد. برای مطالعه در این سطح معیار شدت انرژی‌بری برای تحلیل کارایی انرژی مناسب است.

1.Physical Indicators
2.Asia Pacific Energy Research Center (APERC)
3.International Standard Industrial Classification

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (1) تعاریف مجموع شاخص‌های کارایی انرژی

سطح جمع‌بندی		شاخص کارایی انرژی
سطح ملی اقتصاد	اقتصادی	شدت انرژی‌بری تولید ناخالص داخلی (GDP): مصرف انرژی به ازای هر واحد از GDP
	فیزیکی	در دسترس نیست
بخش‌های کلان اقتصادی، صنعت	اقتصادی	شدت انرژی‌بری در صنعت: مصرف انرژی به ازای هر واحد ارزش افزوده صنعت
	فیزیکی	در دسترس نیست
بخش‌های صنعتی	اقتصادی	شدت انرژی‌بری در بخش‌های صنعتی: مصرف انرژی به ازای هر واحد ارزش افزوده بخش صنعت
	فیزیکی	مصرف انرژی بخصوص[1]: مصرف انرژی به ازای هر واحد فیزیکی ستانده در بخش صنعت
زیربخش‌های صنعتی	اقتصادی	شدت انرژی‌بری در زیربخش: مصرف انرژی به ازای هر واحد ارزش افزوده زیربخش صنعتی
	فیزیکی	مصرف انرژی بخصوص: مصرف انرژی به ازای هر واحد فیزیکی ستانده در زیربخش صنعتی
بنگاه‌های منحصر به فرد	اقتصادی	شدت انرژی‌بری بنگاه: مصرف انرژی به ازای هر واحد اقتصادی ستانده
	فیزیکی	شدت انرژی‌بری بخصوص[2]: مصرف انرژی به ازای هر واحد فیزیکی ستانده
فرآیندهای تکنولوژیکی	اقتصادی	در دسترس نیست
	فیزیکی	مصرف انرژی بخصوص: مصرف انرژی به ازای هر واحد فیزیکی ستانده

منبع: شاخص‌های کارایی انرژی (2000)[3]

ساتِی (2010) عوامل مؤثر بر تغییر در مصرف انرژی را در چهار گروه طبقه‌بندی می‌کند:
1)تغییر در سطح فعالیت: کاهش در سطح تولید یک محصول می‌تواند منجر به کاهش سطح مصرف انرژی شود؛

1.Specific Energy Consumption
2.Specific Energy Intensity
3.Energy Efficiency Indicators (2000)

Archive of SID

www.SID.ir

2) تعدیل ساختاری: در یک صنعت با کاهش سهم صنایع انرژی‌بر از کل تولیدات، مصرف انرژی کاهش می‌یابد؛

3) جانشینی سوخت: با جانشینی سایر نهاده‌های تولید به جای انرژی، مصرف انرژی کاهش می‌یابد و

4) شدت انرژی‌بری/کارایی: بهبود کارایی انرژی (که می‌تواند به صورت کاهش شدت انرژی‌بری باشد) می‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی شود.

ساتی (2010) در مقایسه‌ی شدت انرژی‌بری با کارایی انرژی بیان می‌کند: مرز بین این دو مفهوم، بستگی به سطح تحلیل دارد. هر چه تحلیل‌ها از سطح خرد به سطح کلان نزدیک‌تر می‌شود، قدرت توضیح دهندگی معکوس شدت انرژی‌بری به عنوان جایگزین کارایی انرژی کاهش می‌یابد زیرا در سطوح کلان، همه عوامل چهارگانه‌ی مؤثر بر مصرف انرژی در نسبت شدت انرژی‌بری نقش دارند. برای محاسبه کارایی انرژی در سطوح کلان، قبل از هر چیز باید شاخص خالص شدت انرژی‌بری را از سایر عوامل تأثیرگذار جدا نمود. این شاخص می‌تواند معیار مناسبی برای کارایی انرژی باشد. جداسازی عامل شدت انرژی‌بری از سایر عوامل مؤثر بر مصرف انرژی، از طریق تحلیل‌های مجزاسازی (یا تحلیل تجزیه‌ای شاخص)[1] صورت می‌گیرد. مجزاسازی به معنای تجزیه عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و تعیین شدت تأثیر این عوامل است. به‌طور کلی این عوامل شامل سطح فعالیت، ساختار فعالیت و خالص شدت انرژی‌بری است. تحلیل‌های مجزاسازی امکان تعیین تأثیر هر یک از این عوامل را بر میزان انرژی مصرفی فراهم می‌کنند (عابدی، 1395). مبانی نظری در باب تحلیل‌های مجزاسازی، بسیار گسترده است و در این پژوهش امکان ارائه‌ی آن وجود ندارد. بنابراین تنها شاخص ایده‌آل فیشر[2] که در این تحقیق استفاده شده معرفی می‌شود.

شاخص ایده‌آل فیشر: شدت انرژی‌بری هر بخش در رویکرد مجزاسازی، به صورت تابعی از سطح فعالیت و کارایی انرژی زیربخش‌هایش تعریف می‌شود.

1. Index Decomposition Analysis
2. Fisher Ideal Index

Archive of SID

www.SID.ir

$$I_T \equiv \frac{E_T}{Y_T} = \sum_i \left(\frac{E_{iT}}{Y_{iT}}\right)\left(\frac{Y_{iT}}{Y_T}\right) \equiv \sum_i S_{i,T}\, I_{i,T} \qquad (3)$$

که در آن I_T شدت انرژی‌بری بخش، E_T مصرف انرژی بخش، Y_T متغیر مربوط به سطح فعالیت است که در این‌جا ارزش افزوده به عنوان متغیر معرف سطح فعالیت استفاده می‌گردد. i بیانگر هر یک از زیربخش‌ها و T بیانگر زمان است. تابع (4)، شدت انرژی‌بری بخش را به صورت تابعی از شدت انرژی‌بری زیربخش‌ها (عامل کارایی) و سهم زیربخش‌ها از سطح فعالیت بخش (عامل ساختار) نشان می‌دهد. یکی از روش‌های عملی ایجاد چنین تابعی، استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر است. مسئله پیش رو در ساخت شاخص ایده‌آل فیشر مسئله تجزیه شاخص شدت انرژی‌بری به دو شاخص خالص شدت انرژی‌بری (INT) (که بیانگر کارایی است) و ساختار (STR) می‌باشد. برای بیان این شاخص، شدت انرژی‌بری در هر سال را با نماد I_t نشان می‌دهیم.

$$I_t = \frac{E_t}{Y_t}$$

سپس شاخص شدت انرژی‌بری به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\frac{I_t}{I_0} \equiv EI_t = F_t^{str}\, F_t^{eff} \qquad (4)$$

این شاخص به‌طور کامل یعنی بدون وجود جزء پسماند، به شاخص‌های کارایی اقتصادی (F_t^{eff}) و ساختار (F_t^{str}) تجزیه می‌شود. این شاخص میانگین هندسی از شاخص‌های لاسپیرز و پاشه است از این رو باید پیش از ساخت آن، شاخص‌های لاسپیرز و پاشه برای کارایی و ساختار محاسبه شود.

شاخص‌های پاشه: $P_t^{str} = \dfrac{\sum_i I_{i,t} S_{i,t}}{\sum_i I_{i,t} S_{i,0}}$ $\qquad$ $P_t^{eff} = \dfrac{\sum_i I_{i,t} S_{i,t}}{\sum_i I_{i,0} S_{i,t}}$

شاخص‌های لاسپیرز: $L_t^{str} = \dfrac{\sum_i I_{i,0} S_{i,t}}{\sum_i I_{i,0} S_{i,0}}$ $\qquad$ $L_t^{eff} = \dfrac{\sum_i I_{i,t} S_{i,0}}{\sum_i I_{i,0} S_{i,0}}$

بنابراین اجزای معادله‌ی (5) بصورت زیر محاسبه می‌گردند.

Archive of SID

www.SID.ir

$$F_t^{str} = \sqrt{L_t^{str} P_t^{str}} = \sqrt{\frac{\sum_i I_{i,0} S_{i,t}}{\sum_i I_{i,0} S_{i,0}} \times \frac{\sum_i I_{i,t} S_{i,t}}{\sum_i I_{i,t} S_{i,0}}} \quad (5)$$

$$F_t^{eff} = \sqrt{L_t^{eff} P_t^{eff}} = \sqrt{\frac{\sum_i I_{i,t} S_{i,0}}{\sum_i I_{i,0} S_{i,0}} \times \frac{\sum_i I_{i,t} S_{i,t}}{\sum_i I_{i,0} S_{i,t}}} \quad (6)$$

شاخص F_t^{str} بیانگر تغییر در ساختار بخش از سال پایه تا سال t است، مشروط بر آن‌که خالص شدت انرژی‌بری ثابت فرض شود. شاخص F_t^{eff} نیز تغییر در خالص شدت انرژی‌بری از سال پایه تا سال t است، مشروط بر آن‌که ساختار بخش از ابتدای دوره تا انتهای دوره ثابت باقی بماند (بوید و روپ[1]، 2004). در ادامه لازم است با مفادقانون هدفمندسازی یارانه‌ها آشنا شد تا بتوان چگونگی تأثیر اجرای آن بر کارایی انرژی در بخش صنعت را ارزیابی کرد.

4-2. هدفمندسازی یارانه‌ها و اصلاح قیمت حامل‌های انرژی

طرح تحول اقتصادی به منظور تحقق اهداف سند چشم‌انداز، توسط کمیته ارتباطات واطلاع‌رسانی کارگروه تحولات اقتصادی دولت نهم (1388) ارائه شد. هفت محور مهم این طرح: هدفمندکردن یارانه‌ها، اصلاح نظام مالیات، بانک، گمرک، توزیع، ارزش‌گذاری پول ملی و بهره‌وری است. قانون هدفمندسازی یارانه‌ها به عنوان یکی از فصول هفتگانه طرح تحول اقتصادی در سال 1388 به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید. اواخر آذرماه سال 1389 مرحله اول و در تیر ماه 1393 مرحله دوم آن توسط دولت اجرا شد.این قانون مشتمل‌بر شانزده ماده و شانزده تبصره است. مواد قانون در سه گروه کلی قرار می‌گیرند: (1) چگونگی اصلاح قیمت‌ها، (2) چگونگی بازتوزیع یارانه‌ها و (3) موارد متفرقه مربوط به گروه 1 و 2.

در ادامه قسمت‌هایی از این قانون که در ارتباط با صنعت و اصلاح قیمت حامل‌ها است ارائه می‌گردد. طبق ماده (1) قانون هدفمندسازی یارانه‌ها دولت مکلف به اصلاح قیمت

1.Boyd and Roop (2004)

Archive of SID

www.SID.ir

حامل‌های انرژی به صورتی است که در جدول (2) مشاهده می‌شود. یعنی تا پایان برنامه پنجم توسعه قیمت فروش داخلی برق در بخش صنعت باید معادل بهای تمام شده‌ی آن و قیمت نفت و مشتقات آن نباید کم‌تر از 90 درصد قیمت تحویل در فوب خلیج فارس باشد. میانگین قیمت فروش داخلی گاز طبیعی حداقل تا ده سال پس از اجرا معادل حداقل 65 درصد متوسط قیمت گاز طبیعی صادراتی باشد.

جدول (2) چگونگی تغییر قیمت انواع حامل‌ها برمبنای قانون هدفمندسازی در بخش صنعت

صورت انرژی	سال هدف	قیمت هدف
نفت و مشتقات آن	تا پایان برنامه پنجم توسعه (1394)	حداقل 90% قیمت تحویل در فوب خلیج فارس
گاز طبیعی	حداقل تا ده سال پس از اجرا (1400)	حداکثر 65% قیمت سبد صادراتی فوب
برق	تا پایان برنامه پنجم توسعه (1394)	معادل قیمت تمام شده

منبع: مجلس شورای اسلامی، 1388

پس از بیان چگونگی حذف یارانه‌ها، در ادامه به بیان چگونگی بازتوزیع وجوه حاصل از اجرای این قانون پرداخته شده است. طبق ماده (8) این قانون دولت مکلف است 30 درصد خالص وجوه حاصل از اجراء این قانون را برای پرداخت کمک های بلاعوض، یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اجراء موارد زیر هزینه کند:

الف- بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای تولیدی، خدماتی و مسکونی و تشویق به صرفه‌جویی و رعایت الگوی مصرف که توسط دستگاه اجرائی ذیربط معرفی می شود.

ب- اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر. در ادامه به مصارف دیگر نیز اشاره شده است که چون به بخش صنعت مربوط نمی‌شوند نیازی به بیان آن‌ها در این مجموعه نیست. بنابر آن‌چه گفته شد، افزایش قیمت حامل‌های انرژی می‌تواند جانشینی تجهیزات و سرمایه‌ها با کارایی بالای انرژی

Archive of SID

www.SID.ir

در فرآیند تولید را با صرفه کند و نیز منجر به تشویق بنگاه‌ها برای تلاش در جهت بهبود کارایی انرژی شود.

به‌طور کلی، طرح هدفمندسازی یارانه‌ها به دنبال افزایش قیمت حامل‌های انرژی و تحقق قیمت‌های رقابتی در بازار انرژی است؛ ضمن این‌که باید بخشی از وجوه حاصل از این افزایش قیمت را برای برنامه‌ریزی در جهت بهبود کارایی و بهره‌وری انرژی در صنعت به کار گیرد. در این پژوهش هدف، بررسی بازتوزیع یارانه‌ها توسط دولت نیست و تنها به بررسی تأثیر افزایش قیمت‌ها بر کارایی انرژی پرداخته شده است.

3. مروری بر مطالعات تجربی

مطالعاتی که در این بخش مورد توجه قرار گرفته‌اند، مطالعاتی با موضوع بررسی تأثیرات هدفمندسازی یارانه‌ها بر بخش‌های اقتصادی به ویژه صنعت، تحلیل کارایی انرژی و استفاده از روش تعدیل جزئی برای تحلیل کارایی هستند.

در این بخش ابتدا مطالعات داخلی و خارجی که نزدیک‌ترین موضوع را به هدف این پژوهش دارد بررسی و سپس نوآوری‌های این پژوهش ارائه می‌گردد.

حیدری و صادقی (1382)، در یک ارزیابی جامع به تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در کشور، با استفاده از تحلیل‌های مجزاسازی پرداخته‌اند. برای بررسی عوامل مؤثر بر خالص شدت انرژی‌بری از الگوی رگرسیونی ساده استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که سیاست‌های تعدیل و به کارگیری ابزارهای قیمتی برنامه‌های توسعه در بخش انرژی، برای بهره‌گیری منطقی از انرژی کارساز بوده است. همراه با بهبود و توسعه فعالیت‌های اقتصادی در سطح کلان در ایران، مصرف انرژی نیز افزایش یافته و این نشان می‌دهد که هیچ گونه رابطه جانشینی بین انرژی با سایر نهاده‌ها وجود ندارد و اقتصاد ایران به شدت وابسته به عامل انرژی است. نتایج تجزیه هم نشان می‌دهد طی دوره مورد مطالعه (1378-1358)، عدم کارایی، ناشی از بالا بودن اثر خالص شدت انرژی‌بری است و اثر ساختاری پایین‌ترین سهم را در توضیح رشد مصرف کل و شدت انرژی‌بری دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

حیدری و صادقی (1383)، با استفاده از تابع تقاضای تعدیل جزئی به برآورد و تحلیل کارایی مصرف نهایی انرژی در صنایع بزرگ ایران پرداخته‌اند. آن‌ها با استفاده از الگوی تعدیل جزئی توانستند نرخ تعدیل پویا، کشش‌های قیمتی مستقیم و غیرمستقیم، کشش‌های درآمدی و ضریب سرمایه‌بری را به تفکیک حامل‌های سه‌گانه‌ی انرژی یعنی برق، گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی به دست بیاورند. دوره زمانی مورد مطالعه 1358-1378 بوده و این الگو برای دو گروه صنایع با شدت انرژی‌بری بالا و پایین و نیز کل صنعت برآورد شده است. معیار کارایی انرژی در این تحقیق میزان ارزش افزوده حاصل از هر واحد انرژی مصرفی است که با تخمین الگوی بلندمدت تعدیل جزئی می‌توان به میزان تعادلی بلندمدت آن پی برد. نتایج تحقیق نشان داده است که نرخ تعدیل پویا (یا همان ضریب تعدیل جزئی) در تقاضای نهایی فرآورده‌های نفتی بیش‌ترین مقدار و در مورد برق کم‌ترین مقدار را دارد و کشش قیمتی هر سه حامل انرژی پایین است.

عباسی‌نژاد و وافی‌نجار (1383)، به بررسی کارایی و بهره‌وری انرژی در بخش‌های صنعت و حمل و نقل طی دوره 1350-1379 پرداخته‌اند. در این پژوهش از شاخص عکس شدت انرژی‌بری به عنوان معیار کارایی و از شاخص کشش نقطه‌ای انرژی به عنوان معیار بهره‌وری انرژی استفاده شده است. که هر دو طی دوره مورد بررسی، روندهایی کاهشی دارند. تابع تولید و تقاضای مشتق شده‌ی انرژی با استفاده از سیستم معادلات همزمان و روش TSLS[1] برای تحلیل وضعیت انرژی در رابطه با تولید استخراج شده‌اند. نتایج نشان داده که برای هر دو بخش، کشش‌های نهاده‌ای انرژی، مطلوب اما کشش‌های قیمتی به نسبت پایین است. بنابراین تغییرات اندک در قیمت انرژی به تنهایی نمی‌تواند تأثیر قابل توجهی بر میزان مصرف انرژی به ویژه در بخش حمل و نقل داشته باشد و لازم است در کنار سیاست افزایش قیمت انرژی، سیاست‌هایی نیز به منظور تغییر در ساختار تولید و تدوین استراتژی توسعه‌ی اقتصادی کشور نیز اعمال شود.

1.Two-Stage Least Squares

Archive of SID

www.SID.ir

شریفی و شاکری (1390)، به تحلیل تقاضای پویای نهاده انرژی در صنایع تولیدی ایران با توجه به هدفمندسازی یارانه‌ها پرداختند. در این پژوهش ابتدا الگوهای پویای تقاضای نهاده معرفی شده، سپس از فرم تابعی درجه دوم برای برآورد تابع هزینه استفاده گردیده و تابع تقاضای انرژی با استفاده از لم شپارد از تابع هزینه، مشتق شده است. الگوی پویای نسل سوم امکان برآورد سرعت تعدیل سرمایه در صنایع را فراهم می‌کند. با استفاده از این روش‌ها می‌توان انواع کشش‌های کوتاه، میان و بلندمدت را برآورد کرد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضا با افزایش قیمت حامل‌های انرژی افزایش ولی کشش‌های تولیدی و پیشرفت فنی نهاده‌ها کاهش می‌یابد. یعنی با هدفمندسازی یارانه‌ها حساسیت تقاضای انرژی نسبت به نهاده‌ها کم شده و افزایش تولید و تغییرات تکنولوژیکی نمی‌تواند باعث افزایش تقاضا برای حامل‌های انرژی گردد.

محمودزاده و همکاران (1390)، به بررسی اثر حذف یارانه انرژی برق بر شدت انرژی‌بری آن در صنایع تولیدی ایران طی دوره 1374-1386 پرداخته‌اند. آن‌ها در ابتدا با استفاده از یک الگوی داده‌های پانلی پویا[1] یعنی الگوی گشتاور تعمیم‌یافته (GMM)[2]، رابطه بین شدت انرژی‌بری، قیمت انرژی و نهاده‌های جایگزین آن و نیز فناوری را برآورد کرده‌اند. نتایج نشان داده است که بین کشش شدت انرژی‌بری برق نسبت به قیمت آن و شدت انرژی‌بری برق و فناوری رابطه‌ای منفی و معنی دار برقرار است. از سوی دیگر کشش قیمتی سایر نهاده‌ها نسبت به شدت انرژی‌بری برق مثبت و معنی‌دار است. در ادامه با استفاده از توابع پویای به دست آمده طرح سیاستی آزادسازی یکنواخت قیمت اسمی برق را بررسی نموده‌اند. نتایج نشان داده است که در نتیجه آزادسازی قیمت برق، شدت انرژی‌بری کاهش می‌یابد بیش‌ترین میزان کاهش در سال اول اجرای سیاست آزادسازی اتفاق می‌افتد و پس از آن به تدریج از میزان کاهش کاسته می‌شود. لازم به ذکر است که مطالعات انجام شده در این مقاله در سه گروه کل صنعت، صنایع با شدت انرژی‌بری بالا و پایین انجام شده است.

1.Dynamic Panel Data
2.Generalized Method of Moments

Archive of SID

www.SID.ir

منظور و حقیقی (1391)، اثر افزایش قیمت انرژی و پرداخت نقدی یارانه را بر تقاضای انرژی در فعالیت‌های تولیدی پیش‌بینی کردند. بدین منظور از الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر ایستا (CGE)[1] استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که بیش‌ترین کاهش تقاضای حامل‌های انرژی و سطح فعالیت به بخش صنایع شیمیایی و حمل و نقل اختصاص دارد. در مجموع، برق و در برخی بخش‌ها بنزین، جانشین سایر حامل‌های انرژی می‌شوند. تقاضای برق در همه بخش‌ها در بلندمدت نسبت به کوتاه‌مدت افزایش، اما تقاضای گازوئیل و نفت سیاه در همه بخش‌ها در بلندمدت نسبت به کوتاه‌مدت کاهش خواهد یافت. در صورتی که سیاست کنترل قیمت کنار گذاشته شود و ساز و کار فعالیت رقابت آزاد و سالم فراهم شود، به نظر می‌رسد با افزایش تقاضا، قیمت‌ها افزایش یافته و به دنبال آن عرضه‌کنندگان عرضه و تولید را افزایش دهند.

بیرول و همکاران[2] (1995)، به بررسی اثر دو سیاست حذف تدریجی یارانه‌ها و سیاست‌های غیرقیمتی بهبود کارایی انرژی بر کارایی انرژی و درآمدهای نفتی سه کشور صادرکننده‌ی نفت یعنی الجزایر، ایران و نیجریه پرداختند. برای این منظور از رویکرد استاندارد اقتصاد سنجی استفاده شده است. نتایج نشان داد که هر دو سیاست می‌توانند منجر به بهبود کارایی انرژی گردند. حذف یارانه‌ها ممکن است به بخش‌هایی از جامعه لطمه بزند، این در حالی است که با حذف یارانه و کاهش تقاضای داخلی برای نفت، عرضه‌ی صادراتی نفت افزایش می‌یابد که موجب کاهش قیمت جهانی نفت و در نتیجه ثابت ماندن و یا حتی کاهش درآمدهای نفتی این کشورها خواهد شد. این مقاله تأکید دارد که بهبود کارایی انرژی در کشورهای در حال توسعه، امکان‌پذیرتر از کشورهای توسعه یافته است. زیرا این کشورها می‌توانند از تکنولوژی‌های موجود با کارایی انرژی بالا استفاده کنند که پیش از این تولید شده و با جهان صنعتی امروز سازگاری بیش‌تری دارد.

1.Computable General Equilibrium Model
2.Birol, et al (1995)

Archive of SID

www.SID.ir

متکاف[1] (2008)، به بررسی شدت انرژی‌بری و عوامل مؤثر بر آن طی سال‌های 1970 تا 2001 در سطح ایالت‌های آمریکا پرداخت. در این پژوهش ابتدا به تجزیه تغییرات در شاخص شدت انرژی‌بری به دوعامل ساختاری و خالص شدت انرژی‌بری با استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر پرداخته شده است. پس از آن در قالب یک الگوی داده‌های پانلی پویا (تخمین‌زن آرلانو و بوند[2]) مبتنی بر مدل تعدیل جزئی، عوامل مؤثر بر خالص شدت انرژی‌بری بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد سه چهارم بهبود شدت انرژی‌بری در آمریکا از دهه‌ی 1970 به بعد در نتیجه‌ی بهبود کارایی انرژی بوده است و نقش اثر ساختاری در این باب اندک است. نتایج تخمین معادله‌ی رگرسیونی نیز نشان می‌دهد درآمد سرانه و پس از آن قیمت‌ها در بهبود کارایی انرژی بسیار اثرگذار هستند. در حالی که تأثیر آن‌ها بر ساختار فعالیت‌های اقتصادی به‌طور قابل‌توجهی کم‌تر است.

الشهابی[3] (2013) با استفاده از الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر (CGE)[4] به تحلیل روابط متقابل بین سیاست‌های انرژی، نفت خام و بازار نیروی انسانی در سال 2001 در ایران پرداخته است. در این راستا اثر دو سیاست بررسی شد: یکی این‌که درآمد حاصل از حذف یارانه‌ها به صورت نقدی به خانوارها پرداخت گردد و دیگر این‌که این درآمد سرمایه‌گذاری شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که سیاست اول، یعنی بازتوزیع نقدی یارانه در بین خانوارها به بازار کار آسیب می‌زند. این موضوع به خاطر تأثیرات بیماری هلندی[5] بر اقتصاد ایران و افزایش هزینه‌های تأمین سوخت در تولید است. اما به کارگیری درآمد حاصل از هدفمندسازی برای افزایش سرمایه‌گذاری ، وضعیت بازار کار را بهبودخواهد بخشید.

1.Metcalf (2008)
2.Arellano and Bond
3.AlShehabi (2013)
4.Computable General Equilibrium Model
5.Duch Disease

Archive of SID

www.SID.ir

پارکر و لیدل[1] (2016)، به بررسی نقش قیمت نفت بر صنایع تولیدی کشورهای سازمان همکاری و توسعه‌ی اقتصادی (OECD) طی دوره 1980-2009 پرداخته‌اند. این مطالعه در دو گام انجام شده است. در گام اول شدت انرژی‌بری به دو اثر ساختاری و کارایی انرژی تجزیه شده است. سپس با استفاده از تکنیک‌های رگرسیونی سری زمانی پانلی[2] تأثیر قیمت بر ساختار و کارایی انرژی برآورد می‌گردد. نتایج حاصل از مجزاسازی نشان می‌دهد که اصلی‌ترین عامل مؤثر بر شدت انرژی‌بری عامل کارایی انرژی است. به عبارت دیگر تأثیر این عامل از عامل ساختار بیش‌تر است. نتایج مرحله دوم نشان داده است که افزایش قیمت‌ها منجر به بهبود کارایی انرژی می‌گردد. ضمناً این اثر در بین کشورهای مختلف متفاوت است. تغییرات ساختاری نسبت به تغییرات قیمت بی‌تفاوت است اما وابسته به تخصص و تکنولوژی کشورها است. که تخصص و تکنولوژی، خود بستگی به نهادها[3]، در دسترس بودن نهاده‌ها و الگوهای تجاری کشورها دارد.

با مرور مطالعات درمی‌یابیم روش‌های تجزیه در تحلیل شدت انرژی پرطرفدار هستند. همچنین مؤثرترین عامل در تغییر شدت انرژی‌بری در کشور عامل کارایی است و اثر ساختاری کمترین تأثیر را بر شدت انرژی‌بری دارد. برای ارزیابی آثار ناشی از سیاست‌های انرژی، مدل‌های پویای اقتصاد سنجی (مثل مدل تعدیل جزئی)، تحلیل تعادل عمومی و تحلیل حساسیت، طرفداران بیش‌تری دارند. نتایج اغلب مطالعات در ایران نشان می‌دهد که کشش تقاضای انرژی در کشور اندک است. بنابراین سیاست‌های قیمتی انرژی، به تنهایی نمی‌توانند برای بهبود کارایی انرژی کارساز باشند و باید در کنار آن‌ها سیاست‌های غیر قیمتی نیز اعمال گردد. رابطه جانشینی بین نهاده انرژی با سایر نهاده‌ها نیز وجود ندارد. اقتصاد ایران به طور روزافزون به نهاده انرژی وابسته شده است. بازتوزیع نقدی درآمد حاصل از هدفمندسازی یارانه‌ها در بین خانوارها، منجر به کاهش اشتغال در کشور خواهد شد. این در حالی است که با سرمایه‌گذاری این درآمدها در کشور می‌توان وضعیت اشتغال را بهبود بخشید.

1.Parker and Liddl (2016)

2.Panel Time Series Regression

3.Institutions

Archive of SID

www.SID.ir

نوآوری‌های این مطالعه نسبت به سایرین شامل دوره‌ی زمانی جامع‌تر، بررسی تمامی صنایع تولیدی ایران در سطح کدهای دورقمی ISIC و در نظر گرفتن تأثیرات قیمت فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی بر کارایی انرژی برق در کنار سایر نهاده‌های تولید است.

4. داده‌ها و روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش به لحاظ روش دارای دو بخش تحلیلی-توصیفی و تحلیلی-استنباطی است. داده‌های مورد استفاده، از نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیش‌تر مرکز آمار ایران استخراج شده است.

محاسبه بهره‌وری جزئی انرژی در صنایع تولیدی، نشان‌دهنده‌ی جایگاه کنونی صنعت از نظر چگونگی مصرف انرژی است. در ادامه لازم است بدانیم آیا این‌جایگاه در بین حالات ممکن مصرف انرژی، کارایی لازم را دارد یا خیر؟ برای پاسخگویی به این سوال لازم است، نقطه کارایی بلندمدت تعادلی در صنعت محاسبه و سپس نقاط کارای موجود با کارایی تعادلی مقایسه شود. تعیین کارایی تعادلی در صنعت به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد، از جمله: تحلیل پوش داده‌ها(DEA)[1]، تحلیل مرزی تصادفی(SFA)[2] و الگوی تعدیل جزئی(PAM)[3] (حیدری، 1382).

مشکلات موجود در استفاده از روش SFA از جمله، فروض پیچیده‌ای که باید برای استفاده از آن در نظر گرفت و هم‌چنین حساسیت نتایج آن نسبت به واحد اندازه‌گیری داده و ستانده، موجب شده است تا این روش برای کاربرد در این پژوهش چندان مناسب نباشد (امامی میبدی، 1379). روش DEA نیز تاکنون در اغلب مطالعات کارایی استفاده شده است. از این رو در این پژوهش تمایلی به استفاده‌ی دوباره از آن نیست. در این تحقیق از الگوی تعدیل جزئی کمک گرفته شد که توسط مادیگان و همکاران (1983)[4] برای تحلیل تقاضای بهینه‌ی برق در مناطق روستایی استفاده شده است. همچنین متکاف (2008) برای

1.Data Envelopment Analysis
2.Stochastic Frontier Analysis
3.Partial Adjustment Model
4.Maddigan etal. (1983)

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل کارایی انرژی و عوامل موثر بر آن در سطح ایالت‌های آمریکا از این الگو استفاده نموده است. در ایران حیدری و صادقی (1383) از این روش برای تحلیل کارایی انرژی در بخش صنعت بهره برده‌اند.

گجراتی (2004)[1] بیان می‌کند که الگوی تعدیل جزئی اولین بار توسط مارک نرلاو[2] در سال 1985 ارائه شد. این الگو زمانی کاربرد دارد که متغیر وابسته دارای مقدار بلندمدت تعادلی باشد که البته، غیرقابل مشاهده است. در این پژوهش متغیر وابسته، کارایی بلندمدت و تعادلی انرژی است. مطابق با مطالعات پیشین، متغیر شدت انرژی‌بری به عنوان متغیر وابسته استفاده می‌گردد که به صورت نسبت ارزش پولی انرژی مصرفی به ارزش افزوده محاسبه شده است. هر عاملی که باعث افزایش نسبت شدت انرژی‌بری شود، منجر به بدتر شدن وضعیت کارایی شده است و هر عاملی که نسبت شدت انرژی‌بری را کاهش دهد، بر بهبود کارایی انرژی اثر مثبت گذاشته است. معادله‌ی (8) بیان ریاضی نسبت شدت انرژی‌بری است.

$$EI_t = \frac{E_t}{Y_t} \qquad (8)$$

که EI_t نشان دهنده‌ی شدت انرژی‌بری در زمان t است، E_t میزان مصرف انرژی برق را نشان می‌دهد و Y_t متغیر مربوط به سطح فعالیت یعنی ارزش افزوده است. به عبارت دیگر این نسبت بیانگر میزان انرژی مصرفی در صنعت به ازای ایجاد هر واحد ارزش افزوده است. بنابراین، فرم بلندمدت تابع تعدیل جزئی، بصورت معادله‌ی (9) ارائه می‌گردد.

$$EI_t^* = \beta_0 + \beta_1 X_t + U_t \qquad (9)$$

EI_t^* شدت انرژی‌بری بلندمدت تعادلی یا مقدار مطلوب شدت انرژی‌بری است. با توجه به این‌که مقدار متغیر وابسته در این الگو قابل مشاهده نیست، فرضیه تعدیل جزئی (10) برای حل آن در نظر گرفته می‌شود.

$$EI_t - EI_{t-1} = \delta\left(EI_t^* - EI_{t-1}\right) \rightarrow EI_t = (1-\delta)EI_{t-1} + \delta\, EI_t^* \qquad (10)$$

1.Gujarati (2004)

2.Marc Nerlove

Archive of SID

www.SID.ir

δ ضریب تعدیل است که سرعت حرکت مقادیر واقعی به سمت مقادیر تعادلی بلندمدت را نشان می‌دهد. در معادله‌ی (10) به‌جای EI_t^* معادل آن را از معادله‌ی (9) قرار می‌دهیم و در ادامه خواهیم داشت:

$$EI_t = (1-\delta)EI_{t-1} + \delta\beta_0 + \delta\beta_0 X_t + \delta U_t \quad (11)$$

این معادله، بیانگر رابطه کوتاه‌مدت بین متغیرها است. در حالی که معادله‌ی (9)، یک معادله‌ی بلندمدت است. در این‌جا X_t بیانگر بردار عوامل مؤثر بر شدت انرژی‌بری در صنایع تولیدی است. پیرامون این عوامل، مطالعات بسیاری صورت گرفته است. با بررسی مطالعات انجام شده در این حوزه و نیز مروری بر مبانی نظری، می‌توان به دو نتیجه‌ی عمده دست یافت. اول این‌که در حوزه‌ی عوامل مؤثر بر تقاضای انرژی و نیز عوامل مؤثر بر شدت انرژی‌بری تاکنون در مبانی نظری تابع دقیق و نیز روش مشخصی ارائه نشده است. از این رو در مطالعات تجربی بسته به هدف و سطح مطالعه، الگوها و روش‌های مختلفی توسط محققان به کار گرفته می‌شود. دوم این که به‌طور کلی هر چند عوامل مؤثر بر شدت انرژی‌بری تحت تأثیر سطح مطالعه (از سطح خرد مثل یک بنگاه تا سطح کلان مثل یک کشور) و نیز هدف مطالعه متفاوت‌اند؛ اما دو عامل قیمت انرژی و سایر نهاده‌ها و نیز تکنولوژی، به عنوان عوامل اصلی مؤثر بر شدت انرژی‌بری در اغلب مطالعات به ویژه در حوزه‌ی صنعت معرفی شده‌اند (عابدی، 1395). بر این اساس در این تحقیق نیز این دو عامل به عنوان عوامل مؤثر بر شدت انرژی‌بری استفاده می‌شوند. الگوی بلندمدت مورد نظر در این مطالعه بصورت (12) ارائه می‌گردد.

$$EIB_{it}^* = \beta_0 + \beta_1 PLI_{it} + \beta_2 PKI_{it} + \beta_3 PNI_{it} + \beta_4 PGI_{it} + \beta_5 PBI_{it} + \beta_6 RD_{it} + \beta_7 DS_{it} + U_{it} \quad (12)$$

که در آن EIB شدت انرژی‌بری برق است که به صورت گیگاژول برق مصرفی برای ایجاد هر واحد ارزش افزوده محاسبه می‌گردد. PNI شاخص قیمت فرآورده‌های نفتی، PGI شاخص قیمت گاز طبیعی و PBI شاخص قیمت برق است. قیمت‌ها از تقسیم ارزش انرژی مصرفی بر حسب میلیون ریال به میزان انرژی مصرفی بر حسب گیگاژول حاصل و سپس تبدیل به شاخص شده‌اند. PLI شاخص قیمت نیروی کار است. قیمت نیروی کار از

Archive of SID

www.SID.ir

تقسیم میزان پرداختی به تعداد شاغلان به دست می‌آید. RD یا همان مخارج تحقیق و توسعه‌ی بنگاه، به عنوان جایگزینی برای تکنولوژی وارد الگو شده است. PKI شاخص قیمت نهاده سرمایه است. برای محاسبه قیمت سرمایه از روشی که توسط کریستوپولوس (2000)[1] به کار گرفته شد، یعنی $P_K = \frac{(VA-(W+S))}{NFC}$ استفاده می‌گردد که در آن VA ارزش افزود، W و S به ترتیب حقوق و دستمزد پرداختی و NFC موجودی سرمایه خالص به قیمت ثابت است. محاسبه موجودی سرمایه نیز به روش روند نمایی انجام شده است. برای تبدیل مقادیر اسمی متغیرها به مقادیر واقعی از شاخص قیمت تولیدکننده‌ی بخش صنعت استفاده می‌گردد. زیرا این شاخص بر اساس قیمت تمام شده‌ی کالاها در درب کارخانه مورد محاسبه قرار می‌گیرد؛ بنابراین منعکس‌کننده‌ی تورم اتفاق افتاده در نهاده‌ها است. DS متغیر مجازی[2] معرف سال‌های پس از هدفمندسازی یارانه‌ها است. در انجام تخمین‌ها نیز از داده‌های پانلی[3] استفاده می‌گردد. زیروند $i = 1,2,\ldots,17$ بیانگر مقاطع (کدهای دورقمی ISIC) و زیروند $t = 1,2,\ldots,19$ بیانگر سال‌های مورد مطالعه (1392-1374) است. با توجه به الگوی بلندمدت (12) و فرضیه‌ی تعدیل جزئی، الگوی کوتاه مدت بصورت (13) ارائه می‌گردد.

$$EIB_{it} = \delta\,\beta_0 + (1-\delta)\,EIB_{i,t-1} + \delta\,\beta_1\,PLI_{it} + \delta\,\beta_2\,PKI_{it} + \delta\,\beta_3\,PNI_{it} + \delta\,\beta_4\,PGI_{it} + \delta\,\beta_5\,PBI_{it} + \delta\,\beta_6\,RD_{it} + \delta\,\beta_7\,DS_{it} + \delta\,U_{it} \qquad (13)$$

لازم به ذکر است که با توجه به این که هر تغییر قیمتی بر تقاضا موثر نیست، ابتدا تمامی شاخص‌های قیمت نهاده‌ها که در الگوی (13) ارائه شده است بر شاخص قیمت مصرف‌کننده تقسیم می‌گردد و پس از آن با تخمین معادله‌ی کوتاه‌مدت به روش GMM[4]، با استفاده از ضریب متغیر باوقفه ضریب تعدیل جزئی δ محاسبه خواهد شد. سپس با تقسیم ضرایب الگوی کوتاه‌مدت بر δ، ضرایب الگوی بلندمدت نیز به دست می‌آید. در نهایت با استفاده از

1.Christopoulos (2000)
2.Dummy
3.Panel Data
4.Generalized Method of Moments

Archive of SID

www.SID.ir

ضرایب تخمینی الگوی بلندمدت، شدت انرژی‌بری بلندمدت تعادلی به دست می‌آید. معکوس این نسبت بیانگر کارایی بلندمدت تعادلی است. آنچه در این پژوهش مورد نظر است اول ضریب تعدیل جزئی است که بیانگر سرعت تعدیل کارایی انرژی موجود به سمت کارایی انرژی تعادلی است. دوم ضریب متغیر مجازی DS است که بیانگر چگونگی تأثیر هدفمندسازی یارانه‌ها بر کارایی انرژی در صنعت است.

در مدل‌های پویای پانلی به علت وجود متغیر وابسته باوقفه دربین رگرسورها احتمال بروز مشکل درونزایی زیاد است. در چنین مواقعی بهتر است از روش متغیرهای ابزاری است. GMM یکی از رویکردهای مبتنی بر استفاده از متغیرهای ابزاری است. از مزایای استفاده از این روش که توسط آرلانو و باور[1] (1995) معرفی شد، حل مشکل ناهمسانی واریانس، همبستگی سریالی و درونزایی است. در این پژوهش پس از استفاده از این روش، از آزمون سارگان[2] (1958) برای بررسی اعتبار متغیرهای ابزاری استفاده می‌شود. فرض صفر در این آزمون بیانگر معتبر بودن ابزارها است.

5. تجزیه و تحلیل داده‌ها

مجزاسازی مصرف انرژی برق در صنایع تولیدی کشور با استفاده از شاخص ایده‌آل فیشر در نمودار (3) نشان می‌دهد تغییرات شدت انرژی بری کل و شاخص کارایی یعنی Ft(eff) در طی دوره، همزمان با هم اتفاق می‌افتد و شاخص کارایی نسبت به شاخص ساختار یعنی Ft(str) نقش پررنگ‌تری در افزایش و کاهش شدت انرژی‌بری کل ایفا کرده است. از سوی دیگر با توجه به یافته‌های پژوهش بر مبنای آمار مصرف برق در کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر، واریانس شاخص کل صنعت معادل 0/62، شاخص کارایی معادل 0/69 و شاخص ساختار معادل 0/09 به دست آمده است. مقایسه‌ی واریانس‌های این سه شاخص نیز موید این موضوع است که در مصرف برق نوسانات شدت انرژی‌بری در صنایع تولیدی کشور با نوسانات کارایی انرژی نزدیکی بیشتری دارد تا با تغییرات ساختاری. در سال 1392،

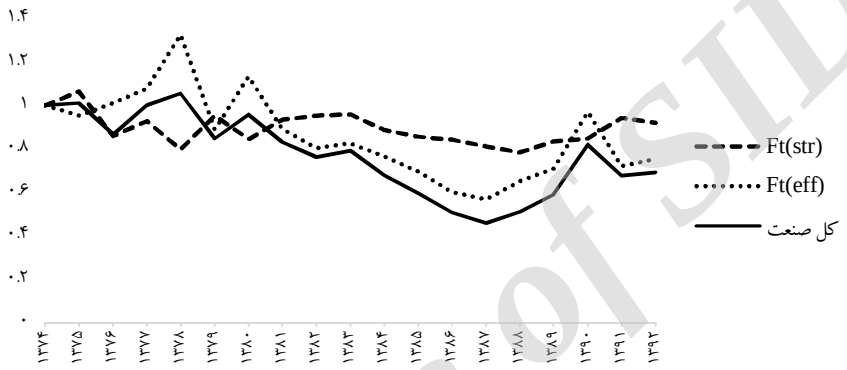
1.Arellano and Bover (1995)

2.Sargan (1958)

Archive of SID

www.SID.ir

شدت انرژی‌بری کل 31 درصد، شاخص کارایی 25 درصد و شاخص ساختار 8 درصد نسبت به سال 1374 کاهش یافته‌اند. این نتایج به همراه نتایجی که برخی مطالعات پیشین نشان دادند بیانگر این است که اثر تغییرات ساختاری نقش قابل توجهی در تغییرات شدت انرژی‌بری صنعت ندارد. از این رو شدت انرژی‌بری می‌تواند معیار مناسبی برای تحلیل کارایی انرژی برق در صنایع تولیدی کشور باشد.



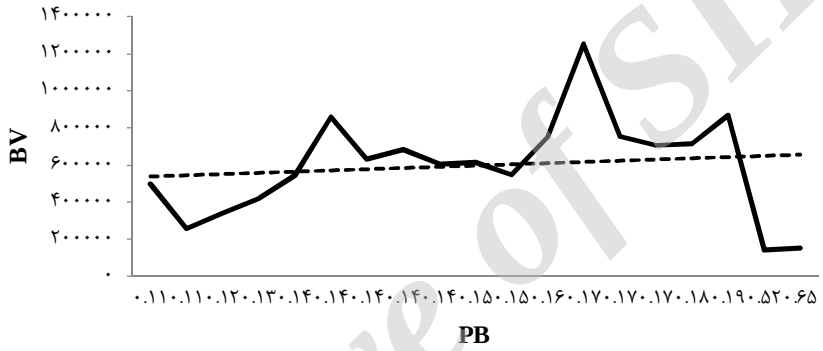
نمودار (2): روند تغییرات ساختار، کارایی و شدت انرژی‌بری صنایع تولیدی ایران
منبع: یافته‌های پژوهش

یکی از راه‌های تشخیص انعطاف‌پذیری مصرف انرژی صنایع نسبت به تغییرات قیمت آن بررسی رابطه متقابل ارزش انرژی نسبت به قیمت انرژی است. وجود رابطه مستقیم بین این دو متغیر برای هر نهاده، نشان از بی‌کشش بودن تقاضای نهاده در فرآیند تولید دارد. بدین معنی که علی‌رغم تلاش صنایع تولیدی برای کاهش مصرف انرژی در مواجهه با افزایش قیمت‌ها، چون شدت (درصد) کاهش مصرف، کم‌تر از شدت (درصد) افزایش قیمت حامل‌های انرژی بوده است، هزینه‌ی پرداختی تولیدکنندگان بابت استفاده از آن حامل افزایش یافته است. در چنین شرایطی، افزایش قیمت نمی‌تواند راه حل مناسبی برای کاهش شدت انرژی‌بری در صنایع باشد. متوسط ارزش انرژی مصرفی بر حسب میلیون ریال و متوسط قیمت‌های انرژی بر حسب میلیون ریال به ازای هر گیگاژول انرژی مصرفی، هر دو به

Archive of SID

www.SID.ir

قیمت‌های ثابت سال 1390 محاسبه شده است. نمودار (4) نشان‌دهنده‌ی روابط متقابل بین قیمت برق (PB) و ارزش برق مصرفی (BV) در دوره زمانی 1374-1392 برای کل صنعت است. با توجه به این نمودار می‌توان دریافت که بین قیمت برق و ارزش مصرفی آن رابطه‌ای مثبت برقرار است. زیرا نمودار هر چند نوسانات بسیاری دارد اما به‌طور کلی دارای روندی صعودی است. وجود چنین رابطه‌ای نشان می‌دهد که کشش تقاضای نهاده برق در صنایع تولیدی ایران کوچک‌تر از یک و برق عامل تولید کم‌کششی است.



نمودار (3) تغییر قیمت و ارزش برق مصرفی صنایع تولیدی ایران، دوره 1374-1392

منبع: یافته‌های پژوهش بر مبنای آمار کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیش‌تر

اکنون با استفاده از روش‌های اقتصاد سنجی به تحلیل استنباطی یافته‌های پژوهش می‌پردازیم. اغلب متغیرهای اقتصادی در طول زمان ارتباطاتی با یکدیگر دارند که لزوماً به معنای ارتباطات معنی‌دار و علت و معلولی نیست. بلکه این ارتباطات کاذب به واسطه‌ی زمان شکل می‌گیرد. از این رو برای اطمینان یافتن از الگوهای اقتصاد سنجی تخمینی، ابتدا باید از مانایی متغیرهای مورد استفاده اطمینان حاصل نمود. در این پژوهش از آزمون لوین، لین و چو (LLC)[1] برای تحلیل مانایی متغیرها استفاده شده است. جدول (4) نتایج حاصل

1.Levin, Lin and Chu

Archive of SID

www.SID.ir

از آزمون مانایی متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد. آشکار است که تمامی متغیرها، انباشته از مرتبه‌ی صفر هستند. بنابراین احتمال بروز رگرسیون کاذب وجود ندارد. لازم به ذکر است که آزمون ضریب همبستگی بین متغیرها نشان از عدم وجود رابطه خطی حاد بین آن‌ها دارد.

جدول (3) نتایج آزمون مانایی لوین، لین و چو

نام متغیر	نماد	آماره t	مرتبه‌ی انباشتگی
شدت انرژی‌بری برق	EIB	-2/05	صفر
قیمت برق	PBI	-11/50	صفر
قیمت گاز طبیعی	PGI	-8/48	صفر
قیمت فرآورده‌های نفتی	PNI	-5/46	صفر
قیمت سرمایه	PKI	-11/02	صفر
قیمت نیروی کار	PLI	-10/53	صفر
مخارج تحقیق و توسعه	RD	-3/27	صفر

منبع: یافته‌های پژوهش

همانطور که گفته شد تخمین مدل به روش GMM انجام می‌شود. در این روش برای رفع اثرات ثابت مقطعی از روش انحراف متعامدی[1] استفاده شده زیرا این روش برای نمونه‌های کوچکتر نتایج بهتری می‌دهد. همچنین برای جلوگیری از بروز مشکل ناهمسانی واریانس و همبستگی سریالی روش رگرسیون‌های به ظاهرنامرتبط دوره‌ای[2] برای محاسبه‌ی وزن‌ها و روش دوره‌ای وایت[3] برای محاسبه‌ی کوواریانس ضرایب انتخاب شده‌اند. جدول (4) نتایج حاصل از تخمین را نشان می‌دهد.

نتایج نشان از رد فرضیه‌ی «نبود رابطه‌ی معنی‌دار بین قیمت برق و کارایی آن» دارد. زیرا بین قیمت برق و شدت انرژی‌بری آن رابطه منفی و معنی‌دار برقرار است. یعنی هر چه

1.Orthogonal Deviation

2.Period Seemingly Unrelated Regression

3.White Period

Archive of SID

www.SID.ir

قیمت برق افزایش یابد مصرف برق برای صنعت هزینه‌برتر است و صنایع ناچار به کاهش مصرف برق برای تولید هر واحد ارزش افزوده می‌گردند. اما نمی‌توان با قطعیت گفت که افزایش قیمت می‌تواند سیاست مناسبی برای کاهش شدت انرژی‌بر و بهبود کارایی انرژی باشد. زیرا از یک سو قدر مطلق ضریب برآوردی کمتر از یک است و از سوی دیگر نتیجه‌ای که از نمودار (4) نیز حاصل شد نشان از بی‌کشش بودن تقاضای نهاده‌ی برق دارد. بنابراین سیاست قیمتی به تنهایی نمی‌تواند منجر به بهبود کارایی انرژی برق در صنایع تولیدی کشور گردد و باید در کنار آن سیاست‌های غیرقیمتی نیز اتخاذ گردد.

فرضیه «هدفمندسازی یارانه‌ها تأثیر معنی‌داری بر کارایی برق در صنایع تولیدی ایران ندارد.» نیز رد می‌شود. زیرا ضریب تخمینی برای متغیر مجازی DS بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در روابط بین شدت انرژی‌بری برق و متغیرهای توضیحی، قبل و پس از هدفمندسازی یارانه‌ها است. به‌طوری که عرض از مبدأ مدل بعد از اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به قبل از اجرای آن به میزان 0/316 واحد افزایش یافته است. به عبارت دیگر با در نظر نگرفتن متغیرهای توضیحی موجود در مدل، متوسط شدت انرژی‌بری برق بعد از اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها نسبت به قبل از اجرای آن به‌طور معنی‌داری بیش‌تر است. پس هدفمندسازی یارانه‌ها نه تنها نتوانسته منجر به بهبود کارایی انرژی شود بلکه منجر به افزایش متوسط شدت انرژی‌بری برق در صنایع تولیدی نیز شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (4) نتایج تخمین الگو به روش GMM و با قیمت‌های مطلق نهاده‌ها

متغیر وابسته	EIB			
متغیرهای توضیحی	ضریب کوتاه‌مدت	آماره‌ی t	Prob	ضریب بلندمدت
EIB(-1)	0/362	87/40	0/0000	—
PBI	-8×10^{-5}	-12/03	0/0000	$-1/2 \times 10^{-4}$
PGI	$7/8 \times 10^{-7}$	-4/57	0/0000	$-1/2 \times 10^{-6}$
PNI	$5/9 \times 10^{-5}$	-1/74	0/0829	$9/2 \times 10^{-5}$
PKI	$1/6 \times 10^{-6}$	0/0611	0/9513	$2/6 \times 10^{-6}$
PLI	$9/7 \times 10^{-6}$	4/5441	0/0000	$1/5 \times 10^{-5}$
RD	$-1/2 \times 10^{-7}$	-1/2824	0/2008	$-1/8 \times 10^{-7}$
DS	0/316	6/505	0/0000	0/497
آزمون سارگان	آماره‌ی J: 222/58		Prob:0/6069	

منبع: یافته‌های پژوهش

بین شدت انرژی‌بری برق با قیمت‌های گاز طبیعی و نیروی کار رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. یعنی با افزایش قیمت این دو نهاده شدت انرژی‌بری برق افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر صنایع برق را جایگزین گاز طبیعی و نیروی کار در فرآیند تولید می‌کنند. اما بین قیمت نفت و سرمایه با شدت انرژی‌بری برق رابطه معنی‌داری وجود ندارد. همچنین بین متغیر RD با شدت انرژی‌بری برق نیز رابطه معنی‌داری وجود ندارد. چنین نتیجه‌ای برای صنایع تولیدی کشور اصلا مطلوب نیست. زیرا نشان می‌دهد که صنایع در برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ی خویش هدف بهبود کارایی انرژی برق را مدنظر قرار نداده‌اند. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که صنایع تولیدی کشور از ابتدا بر مبنای قیمت‌های ارزان و یارانه‌ای انرژی بنا شده‌اند و تکنیک و تکنولوژی تولید خود را نیز بر همین اساس انتخاب کرده‌اند و چون طی سال‌های متمادی این قیمت‌ها تغییرات قابل توجهی نداشته‌اند؛ صنایع نیز تلاشی برای استفاده کمتر و بهینه‌تر از انرژی نکرده‌اند. برای چنین صنعتی، انتظار

Archive of SID

www.SID.ir

این‌که تنها با یک شوک قیمتی بزرگ مانند هدفمندسازی یارانه‌ها، شدت و کارایی انرژی بهبود پیدا کند؛ انتظاری غیر معقول است و برای تحقق این هدف لازم است سیاست‌های غیرقیمتی نیز مورد توجه قرار گیرند.

فرضیه‌ی «صنایع تولیدی کشور برای دستیابی به کارایی در مصرف برق، انعطاف‌پذیری معنی‌داری ندارند.» رد می‌شود. زیرا می‌بینیم که ضریب متغیر وابسته‌ی باوقفه به ترتیب معادل 0/36 است؛ با کسر این مقدار از عدد یک به ضریب تعدیل جزئی معادل 0/64 دست می‌یابیم. این ضریب نشان می‌دهد که در صورت خارج شدن از وضعیت کارایی تعادلی، هر سال کمی بیشتر از نیمی از شکاف موجود بین وضعیت کارایی موجود با وضعیت کارایی مطلوب از بین می‌رود. هرچند باید توجه داشت که این مقدار هنوز با عدد یک فاصله دارد و باید همچنان بهبود کارایی برق و کاهش شکاف کارایی را مورد توجه قرار داد.

ضرایب بلندمدت دارای مقادیر مطلق بیش‌تری نسبت به ضرایب کوتاه‌مدت هستند و حساسیت شدت انرژی‌بری برق نسبت به تغییر در هر یک از متغیرهای توضیحی، در بلندمدت بیش‌تر از کوتاه‌مدت است. زیرا در بلندمدت، صنایع فرصت و امکان بیش‌تری برای تعدیل و تطبیق خود همراه با تغییر در قیمت نهاده‌ها دارند. نتایج آزمون سارگان هم نشان می‌دهد که نمی‌توان فرض صفر را رد کرد. بنابراین متغیرهای ابزاری مورد استفاده معتبر و نتایج حاصل از تخمین قابل اعتماد هستند.

6. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

در این پژوهش ابتدا مبانی نظری در باب کارایی، کارایی انرژی و هدفمندسازی یارانه‌ها بیان و برخی مطالعات داخلی و خارجی در این حوزه معرفی شدند. هدف اصلی پژوهش تحلیل کارایی انرژی برق در صنایع تولیدی با در نظر گرفتن هدفمندسازی یارانه‌ها است. استفاده از روش GMM در آزمون فرضیه‌های تحقیق نشان داد که رابطه‌ی بین قیمت نهاده‌ی برق و کارایی آن در صنایع تولیدی منفی و کم کشش است. پس نمی‌توان انتظار

Archive of SID

www.SID.ir

داشت که با اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها صنایع بتوانند شدت انرژی‌بری خود را در مصرف برق چندان کاهش دهند. کما اینکه ضریب متغیر دامی مقداری مثبت دارد و نشان می‌دهد عرض از مبدأ مدل پس از هدفمندسازی نه تنها کاهش نیافته بلکه افزایش معنی‌داری دارد. یعنی صنایع تولیدی در اثر افزایش قیمت همه‌ی حامل‌های انرژی، برای تولید هر واحد ارزش افزوده هزینه‌ی بیشتری را صرف انرژی برق کرده‌اند. پیشنهاد می‌گردد با توجه به این که در ماده‌ی 8 قانون هدفمندسازی یارانه‌ها، مقرر شده 30 درصد از وجوه حاصل از اجرای قانون برای کمک به صنایع جهت ارتقاء بهره‌وری اختصاص یابد، دولت نسبت به اجرای این ماده از قانون اهتمام بیشتری به خرج دهد و به صنایع کمک کند تا تجهیزات انرژی‌بر قبلی را با تجهیزات با کارایی بیشتر انرژی جایگزین کنند. در این صورت می‌توان با شتاب بیشتری به هدف بهبود کارایی انرژی صنعت دست یافت.

7. منابع:

الف) فارسی

امامی میبدی، علی. (1379). *اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری (علمی-کاربردی)*. تهران: موسسه‌ی مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

حیدری، ابراهیم (1382)، برآورد و تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در اقتصاد ایران، پایان‌نامه‌ی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده‌ی علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.

حیدری، ابراهیم، صادقی، حسین (1382)، تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در اقتصاد ایران، *مجله‌ی پژوهشی دانشگاه اصفهان*، شماره 15، صص 121-145.

حیدری، ابراهیم، صادقی، حسین (1383)، شناخت و بررسی رفتار صرفه‌جویی انرژی در صنایع بزرگ ایران، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، شماره 11 و 12، صص 71-87.

شریفی، علی‌مراد، شاکری، ابوذر (1390)، هدفمند کردن یارانه‌ی حامل‌های انرژی و تحلیل پویای تقاضای انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران، *فصلنامه‌ی پژوهش‌های اقتصادی*، شماره 25، صص 1-25.

Archive of SID

www.SID.ir

عابدی، مریم (1395)، پیش‌بینی و ارزیابی تأثیرات احتمالی اجرای طرح هدفمندسازی یارانه‌ها بر کارایی انرژی صنایع تولیدی ایران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی، پردیس علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه یزد.

عبادی، جعفر. (1384). *مباحثی در اقتصاد خرد (بازارها، تعادل عمومی و اقتصاد رفاه)*. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

عباسی‌نژاد، حسین، وافی‌نجار، داریوش (1383)، بررسی کارایی و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش TSLS (13790-1350) ، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره 66، صص 138-113.

کارگروه تحولات اقتصادی دولت (1388)، جزئیات طرح تحول اقتصادی، نظام یارانه‌ها.

مجلس شورای اسلامی (1388)، قانون هدفمند کردن یارانه‌ها.

محمودزاده، محمود، صادقی، سمیه، صادقی، ثریا، حیدری‌افرا، فاطمه (1390)، اثر حذف یارانه‌ی انرژی برق بر شدت آن در صنایع تولیدی ایران، *فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه*، شماره 16، صص 113-128.

مرکز آمار ایران (سال‌های مختلف)، نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیش‌تر.

معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو (سال‌های مختلف)، ترازنامه‌ی انرژی.

منظور، داوود، حقیقی، ایمان (1391)، محاسبه اثر افزایش قیمت انرژی و پرداخت یارانه نقدی بر تقاضای انرژی، *پژوهشنامه بازرگانی*، شماره 67، صص 1-24.

ب) انگلیسی

A Study of Energy Efficiency Indicators for Industry in APEC Economies. (2000) Asia Pacific Energy Research Centre. Tokyo. japan: Institute of Energy Economics.

AlShehabi O. (2013), "Modelling Energy and Labour Linkages: A CGE Approach with an Application to Iran", Economic Modelling,No. 35. PP. 88-98.

Ang, B. W (2006), "Monitoring Changes in Economy-Wide Energy Efficiency: From Energy–GDP Ratio to Composite Efficiency Index", Energy Policy, Vol.34, Issue. 5, PP. 574-582.

Archive of SID

www.SID.ir

Arellano, M. and Bover, O. (1995), "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models", Journal of Econometrics, Vol.68, Issue.1, PP. 29-51.

Birol, F. Aleagha, AV, and Ferroukhi, R (1995), "The Economic Impact of Subsidy Phase out in Oil Exporting Developing Countries: a Case Study of Algeria, Iran and Nigeria", Energy Policy, Vol.23, Issue.3, PP: 209-215.

Boyd, G. A. and Roop, J. M (2004), "A Note on the Fisher Ideal Index Decomposition for Structural Change in Energy Intensity", The Energy Journal, Vol.25, Issue.1, pp. 87-101.

Christopoulos, D. K (2000), "The demand for energy in Greek manufacturing", Energy Economics, Vol.22, Issue.5, pp. 569-586.

Ellis, J (2010), "The Effects of Fossil-Fuel Subsidy Reform: A review of Modelling and Empirical Studies. Untold Billions: Fossil-Fuel Subsidies, Their Impacts and the Path to Reform", International Institute for Sustainable Development (IISD). Winnipeg.

Gujarratti, N. D. (2004), *Basic Econometrics*, 4th ed, New York: McGraw Hill Inc.

Landsburg, S. (2013), *Price Theory and Applications*, Cengage Learning.

Layard, P. R. G. and Alan, A. (1978), *Microeconomic Theory*.

Maddigan, R. J. Chern, W. S. and Rizy, C. G (1983), "Rural Residential Demand for Electricity", Land Economics, Vol.59, Issue.2, pp. 150-162.

Metcalf, G. E (2008), "An Empirical Analysis of Energy Intensity and its Determinants at the State Level", The Energy Journal, Vol.29, No.3, pp. 1-26.

Parker, S. and Liddle, B (2016), "Energy Efficiency in the Manufacturing Sector of the OECD: Analysis of Price Elasticities", Energy Economics, Vol.58, pp. 38-45.

Patterson, M. G. (1996), "What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues", Energy policy, Vol.24, Issue.5, pp. 377-390.

Sargan, J. D (1958), "The Estimation of Economic Relationships Using Instrumental Variables", Econometrica: Journal of the Econometric Society, Vol.28, No.3, pp. 393-415.

Sathaye, J. (2010), "Energy Efficiency Indicators Methodology Booklet", Lawrence Berkeley National Laboratory.

Varian, H. R. Bergstrom, T. C. and West, J. E. (2005), Intermediate Microeconomics, Vol.4, Norton New York.

Archive of SID

www.SID.ir