پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال ششم ، شماره 22، بهار 1396، صفحات ۷۴-45

برآورد اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق در بخش خانگی مناطق شهری ایران

علی اصغر سالم[1]
مهدی اکابری تفتی[2]

تاریخ دریافت: 1396/01/25 تاریخ پذیرش:1396/08/02

چکیده:

در این تحقیق به منظور برآورد اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق در بخش خانگی مناطق شهری ایران از روش کشش قیمتی تقاضای انرژی برق و فرم تبعی سیستم معادلات تقاضای تقریبا ایده-ال با لحاظ مشخصات اقتصادی و اجتماعی خانوارها استفاده گردیده است. این مدل با استفاده از داده-های تلفیقی و روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط و بکارگیری اطلاعات نزدیک به 180 هزار خانوار شهری در کشور طی سال‌های 1394-1385 تخمین زده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق در بخش خانگی مناطق شهری ایران برابر با 81 درصد است که در مقایسه با اثر بازگشتی بهبود کارایی سایر انرژی‌های مورد استفاده خانوار رقم بسیار بالایی می‌باشد. همچنین محاسبه اثر بازگشتی در بین گروه‌های درآمدی نشان‌دهنده بالا بودن این اثر در بین خانوارهای ثروتمند می‌باشد بدین معنی که بهبود کارایی مصرف برق، اثر صرفه‌جویی کمتری در گروه بالای درآمدی در مقایسه با گروه‌های پایین و متوسط درآمدی دارد.

طبقه‌بندی JEL: Q43، Q41، D12

کلیدواژه‌ها: اثر بازگشتی مستقیم، سیستم تقاضای تقریبا ایده‌ال، کارایی برق، متغیرهای اقتصادی-اجتماعی

1- عضو هیئت علمی گروه اقتصاد نظری دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی(نویسنده مسئول)
Email: Salem207@yahoo.com
2- عضو هیئت علمی دانشگاه حائری میبد
Email:Akaberi@haeri.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

1.مقدمه

انرژی الکتریکی از انواع انرژی است که دارای کاربردهای منحصر به فردی بوده و می‌تواند در برخی زمینه‌ها جایگزین منابع مختلف انرژی باشد. با شناسایی برق به عنوان منبع انرژی و برتری آن بر سایر انرژی‌ها از لحاظ آثار زیست محیطی و از طرفی با افزایش قیمت سوختهای فسیلی، گرایش به سرمایه‌گذاری در تولید برق افزایش یافته است به گونه‌ای که تلاش برای یافتن منبعی با ثبات به منظور تولید برق همانند انرژی هسته‌ای به طور روز افزون شتاب گرفته و این مسأله الگوی مصرف را در سراسر دنیا تحت تأثیر قرار داده است.

انرژی الکتریکی علاوه بر آن که به عنوان یک انرژی پاک می‌تواند جایگزین انرژی‌های آلاینده محیط زیست شود، دارای کاربردهای اختصاصی است که شاید نتوان به جای آن از دیگر منابع انرژی استفاده نمود. مزیت‌هایی چون سهولت استفاده، تنوع روش‌های تولید و قابلیت تولید و توزیع در مقیاس بالا، استفاده از انرژی الکتریکی را مقرون به صرفه کرده است.

آمار و ارقام نشان می‌دهند بخش خانگی بخش بسیار مهمی از مصرف برق را در کشور تشکیل می‌دهد به دلیل اینکه بخش خانگی با حدود 27 میلیون مشترک بیشترین متقاضی صنعت برق را داراست از طرفی از نظر سهم مصرف نیز بعد از بخش صنعت (با 220 هزار مشترک و حدود 34 درصد مصرف برق) ، بیشترین سهم (32 درصد) مصرف برق کل کشور را تشکیل می‌دهد. بعد از بخش خانگی، بخش کشاورزی با 350 هزار مشترک در حدود 16 درصد، بخش عمومی و اداری با یک میلیون و 200 هزار مشترک 10 درصد و بخش تجاری با 4 میلیون و 500 هزار مشترک 7 درصد از مصرف کل کشور را به خود اختصاص داده‌اند.[1] همانطور که از این ارقام مشاهده می‌گردد بخش خانگی از نظر تعداد مشترک و سهم مصرف، مهم‌ترین بخش در مصرف برق کل کشور محسوب می‌گردد.

1. آمار و ارقام مربوط به شرکت توانیر در سال 1393 می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

پس از بحران انرژی در سال 1973 فعالیت‌های پژوهشی دامنه‌داری در زمینه کاهش مصرف انرژی در شاخه‌های مختلف مصرف کننده شروع گردید. به گونه‌ای که بحران انرژی در سال مذکور نقطه عطفی در روند بهینه سازی مصرف انرژی در تمامی زمینه‌های مرتبط با انرژی به شمار می‌رود. صنعت لوازم خانگی برقی نیز از این امر مستثنی نبوده و طی دهه‌های اخیر تحولات قابل توجهی در تولید لوازم کم مصرف برقی رخ داده است. لوازم برقی خانگی به دلیل گستردگی موارد مصرف آن سهم قابل توجهی از مصرف برق را شامل می گردد. به گونه‌ای که مصرف سرانه برق و بهره‌مندی خانوار از لوازم خانگی به عنوان شاخص‌هایی برای تعیین سطح رفاه عمومی در کشورهای مختلف مطرح گردیده است.

تفکر رایج حاکم بر اقتصاد این است که بهبود کارایی باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود، اما در ادبیات اقتصاد انرژی بحث گسترده‌ای در مورد تأثیر واقعی چنین بهبودهایی در کارایی مصرف انرژی وجود دارد که متمرکز بر مفهوم «اثر بازگشتی[1]» است که در آن، اثرات بازده انتظاری ناشی از بهبود کارایی انرژی روی مصرف انرژی، در نتیجه عکس‌العمل سیستم‌های اقتصادی به کاهش در قیمت ضمنی خدمات انرژی (همزمان با بهبود کارایی مصرف انرژی) منجر شده و مصرف انرژی مجدداً متأثر می‌شود. اثر بازگشتی زمانی رخ می‌دهد که بهبود کارایی مصرف انرژی، تقاضا را برای انرژی (مستقیم یا غیرمستقیم) در بخش‌های مختلف تولیدی و مصرفی افزایش دهد. اثر بازگشتی از آن جهت اهمیت دارد که باعث کاهش منافع حاصل از بهبود کارایی مصرف انرژی شده و حتی این امکان وجود دارد که اثربخشی سیاست‌های بهبود کارایی انرژی به طور کامل از بین برود.

تحلیل اثر بازگشتی با وجود نوپایی آن، توجه زیاد اقتصاددانان انرژی و محیط زیست را به خود جلب کرده است، به گونه‌ای که ادبیات موجود در این زمینه به سرعت در حال رشد می‌باشد. هدف اصلی این مقاله نیز بررسی نظری و برآورد اثر بازگشتی ناشی از بهبود

1. Rebound Effect

Archive of SID

www.SID.ir

کارایی در مصرف برق بخش خانگی در مناطق شهری ایران در چارچوب الگوی سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل می‌باشد. چارچوب کلی این تحقیق عبارت است از:

در بخش دوم مقاله، به مرور ادبیات موضوع در این زمینه پرداخته می‌شود. در بخش سوم، مروری بر مطالعات تجربی و نظری در زمینه برآورد اثر بازگشتی در داخل و خارج کشور خواهیم داشت در ادامه و در بخش چهارم به تخمین تجربی اثر بازگشتی بهبود کارایی مصرف برق در بخش خانگی مناطق شهری ایران با استفاده از مدل سیستم تقاضای تقریبا ایده‌آل طی دوره 10 ساله 1394-1385 اختصاص یافته است. و در بخش پایانی جمع‌بندی و نتیجه گیری بیان خواهد شد.

2.مبانی نظری

در ادبیات اقتصاد انرژی بحث رو به گسترشی در مورد تأثیر واقعی بهبود کارایی انرژی بر مصرف آن وجود دارد که معروف به اثر بازگشتی است. نخستین بار جوونز[1] (1865) این بحث را بیان نمود که بهبود کارایی مصرف انرژی می‌تواند بطور واقعی حتی تقاضا برای انرژی را افزایش دهد و از این رو به وضعیتی به‌مراتب شدیدتر از اثر بازگشتی که موجب افزایش تقاضای انرژی نسبت به حالت اولیه قبل از بهبود کارایی گردد به «پارادوکس جوونز»[2] و یا «اثرات معکوس»[3] معروف است. (ساندرس[4] 1992) منشأ ایجاد اثر بازگشتی مربوط به کاهش قیمت‌های موثر انرژی در نتیجه بهبود کارایی آن از یکسو و ایجاد اثرات جانشینی و درآمدی از سوی دیگر است. به طور دقیق‌تر، اثر بازگشتی بیانگر حالتی است که در آن بهبود کارایی انرژی، مصرف بیشتر آن انرژی را موجب شده و بخشی از کاهش مورد انتظار اولیه در مصرف خنثی شود. یا به طور خلاصه، اثر بازگشتی، منعکس‌کننده اختلاف میان صرفه جویی بالقوه و بالفعل در مصرف انرژی است. هر چند نظریه اقتصاد و

1. Jevons (1865)
2. Jevons Paradox
3. Backfire Effects
4. Saunders (1992)

Archive of SID

www.SID.ir

مطالعات بلندمدت تاریخی مؤید وجود اثر بازگشتی است، ولی میزان این اثر هم چون سایر مشاهدات تجربی در اقتصاد، مناقشه برانگیز بوده است.

اثر بازگشتی را می‌توان به دو دسته کلی طبقه‌بندی کرد؛ اثر بازگشتی مستقیم و اثر بازگشتی غیرمستقیم. اثر بازگشتی مستقیم که ابتدا توسط خازوم در سال 1980 مطرح شده و از آن زمان مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است بدین معنی است که هنگامی که کارایی انرژی بهبود یابد، قیمت ضمنی خدمات انرژی کاهش خواهد یافت و در نتیجه تقاضا برای خدمات انرژی افزایش می‌یابد. این مسئله به دلیل به وجود آمدن اثر جانشینی- درآمدی کالایی است که افت قیمت سایه‌ای داشته است. بنابراین این افزایش تقاضا سبب از بین رفتن بخشی از (یا حتی تمام) ذخیره بالقوه انرژی خواهد شد که بهبود کارایی داشته است. در نتیجه می‌توان گفت افزایش کارایی انرژی به طور مستقیم و از طریق افزایش مصرف همان انرژی، منجر به از بین رفتن مقداری از ذخیره بالقوه انرژی خواهد شد که به اثر بازگشتی مستقیم معروف است. (گرینینگو همکاران[1] 2000)

حتی اگر فرض شود که بعد از بهبود کارایی مصرف در مورد نوع خاصی از انرژی، اثر بازگشتی مستقیم وجود نداشته باشد با این حال دلایلی وجود دارد که باعث می‌شود کاهش مصرف آن نوع انرژی در سطح کل اقتصاد کمتر از میزانی باشد که در ابتدا پیش‌بینی شده است که به آن اثر بازگشتی غیرمستقیم گفته می‌شود. در این مورد با افزایش کارایی، قیمت خدمات انرژی کاهش و درآمد واقعی و بالتبع قدرت خرید مصرف کننده بالا می‌رود. این امر موجب افزایش تقاضای دیگر کالاها و خدمات شده و از آنجا که برای استفاده بخشی از کالاها و خدمات نیاز به استفاده از انرژی می‌باشد، مصرف انواع انرژی از جمله انرژی خاصی که کارایی آن بالا رفته است؛ افزایش می‌یابد. لذا از این طریق نیز مقداری از انرژی ذخیره شده دوباره به چرخه مصرف بر می‌گردد. این افزایش مصرف انرژی ناشی از افزایش درآمد واقعی بیانگر اثر بازگشتی غیر مستقیم می‌باشد. مجموع اثر بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف انرژی را اثر بازگشتی کل

1. Greening (2000)

Archive of SID

www.SID.ir

می‌نامند که مقدار آن وابسته به اندازه، ماهیت و نوع بهبود کارایی است. (هرینگ و سورل[1] (2009

همانطور که سورل و دیمیتروپولوس[2] (2008) نشان دادند می‌توان با استفاده از کشش خود قیمتی تقاضا[3] اثر بازگشتی مستقیم را بر مبنای دو رابطه تعریفی زیر، اندازه‌گیری نمود:

$$\varepsilon = S/E \quad (1)$$

$$`\varepsilon = P_E/P_S \quad (2)$$

در رابطه (1) کارایی به صورت واحدهای خدمات انرژی (S) تولید شده به ازاء هر واحد از منبع انرژی تعریف می‌گردد به عبارت دیگر کارایی عبارت است از تعداد واحدهای خدمات انرژی بدست آمده از یک واحد انرژی به‌کار رفته. بنابراین در صورتی که خدمات انرژی (S) تولید شده به ازاء استفاده از یک مقدار مشخص انرژی افزایش یابد به معنی افزایش یا بهبود کارایی انرژی می‌باشد.

در رابطه (2) کارایی به صورت نسبت قیمت هر واحد انرژی به قیمت یا هزینه تمام شده هر واحد خدمات انرژی به دست می‌آید. به عبارت دیگر با افزایش کارایی، خدمات انرژی تولید شده از هر واحد انرژی بکار رفته (همان رابطه (1) افزایش یافته و در نتیجه هزینه تمام شده هر واحد از خدمات انرژی با بهبود کارایی کاهش می‌یابد.

بر اساس سورل (2008) و سورل (2009) میزان اثر بازگشتی مستقیم از طریق کشش تقاضای خدمات انرژی نسبت به کارایی انرژی بدست می‌آید. $\eta_\varepsilon(S)$ به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\eta_\varepsilon(S) = \left(\partial S/\partial\varepsilon\right)\left(\varepsilon/S\right) \quad (3)$$

1. Herring and Sorrell (2009)
2. Sorrell and Dimitropoulos (2008)
3. Own-Price Elasticity of Demand

Archive of SID

www.SID.ir

با دیفرانسیل‌گیری از رابطه (1) نسبت به کارایی انرژی (ε):

$$\eta_{\varepsilon}(S)=\left(\partial E/\partial\varepsilon\right)\left(\varepsilon/E\right)+1=\eta_{\varepsilon}(E)+1 \qquad (4)$$

که $\eta_{\varepsilon}(E)$ کشش تقاضای انرژی نسبت به کارایی انرژی (یا کشش کارایی تقاضای انرژی یا کشش کارایی) می‌باشد. بنابراین اگر $\eta_{\varepsilon}(S)=0$ باشد $(\eta_{\varepsilon}(E)=-1)$ اثر بازگشتی برابر صفر است زیرا در صورتی که کارایی یک درصد افزایش داشته باشد مصرف انرژی دقیقاً به اندازه یک درصد کاهش یافته و در نتیجه اثر بازگشتی وجود ندارد. اگر $0<\eta_{\varepsilon}(S)<1$ باشد $(-1<\eta_{\varepsilon}(E)<0)$ اثر بازگشتی وجود دارد. و در صورتی که $\eta_{\varepsilon}(S)\geq 1$ باشد $(0\leq\eta_{\varepsilon}(E))$ آنگاه اثر بازگشتی بسیار شدید بوده و اثر معکوس (اثر معکوس جوونز) اتفاق می‌افتد. به عبارت دیگر بهبود کارایی انرژی، نه تنها مصرف انرژی را کاهش نداده بلکه آن را نسبت به حالت قبل از بهبود کارایی افزایش می‌دهد.

برای ارتباط بین اثر بازگشتی ($\eta_{\varepsilon}(S)$) و کشش خود قیمتی تقاضای خدمات انرژی($\eta_{P_S}(S)$) با استفاده از رابطه‌های (1) و (2) می‌توان نوشت:

(5)

$$\partial E/\partial\varepsilon=\frac{\partial}{\partial\varepsilon}\left(\frac{S}{\varepsilon}\right)=\left[\frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{\partial S}{\partial\varepsilon}\right)-\frac{S}{\varepsilon^2}\right]=\left[\frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{\partial S}{\partial P_S}\frac{\partial P_S}{\partial\varepsilon}\right)-\frac{E}{\varepsilon}\right]=\frac{1}{\varepsilon}\left[\frac{\partial S}{\partial P_S}\left(\frac{-P_E}{\varepsilon^2}\right)-E\right]$$

به طوری‌که:

(6)

$$\eta_{\varepsilon}(E)=\left(\partial E/\partial\varepsilon\right)\left(\varepsilon/E\right)=\frac{1}{E}\left[\frac{\partial S}{\partial P_S}\left(\frac{-P_S}{\varepsilon}\right)-E\right]=\left[\frac{\partial S}{\partial P_S}\left(\frac{-P_S}{S}\right)-1\right]=-\eta_{P_S}(S)-1$$

Archive of SID

www.SID.ir

که $\eta_{P_S}(S)$ کشش تقاضای خدمات انرژی نسبت به قیمت آن خدمات می‌باشد. مجدداً با توجه به روابط (1) و (2) همچنین با توجه به کشش قیمتی تقاضای انرژی $\left[\frac{\partial E}{\partial P_E}\left(\frac{P_E}{E}\right)\right]=\eta_{P_E}(E)$ و روابط (3) ، (4) و (6) می‌توان نوشت:

$$\eta_{\varepsilon}(S)=\left(\partial S/\partial\varepsilon\right)\left(\varepsilon/S\right)=\eta_{\varepsilon}(E)+1=-\eta_{P_S}(S)=-\eta_{P_E}(E) \qquad (7)$$

بنابراین تحت این شرایط اثر بازگشتی برابر با منفی کشش خودقیمتی تقاضای انرژی می‌باشد. به عنوان مثال اگر کشش خود قیمتی تقاضای برق برابر 0/2- باشد، آنگاه اثر بازگشتی (کشش تقاضای خدمات انرژی برق نسبت به کارایی برق) برابر 0/2 است و کشش کارایی انرژی برق برابر 0/8- می‌باشد. به عبارت دیگر در صورتی‌که کارایی انرژی برق به میزان ٪1 افزایش یابد، میزان مصرف انرژی برق 1% درصد کاهش نیافته بلکه به میزان ٪0/8کاهش می‌یابد و ٪0/2 اثر بازگشتی رخ می‌دهد.

2-1-مدل سیستم تقاضای تقریبا ایده‌آل

مدل اصلی که در این تحقیق استفاده شده است مدل سیستم تقاضای تقریبا ایده‌آل می‌باشد که توسط دیتون و مولباؤر [1](1980) مطرح شد. این مدل یکی از پرکاربرد ترین مدل‌ها برای تخمین تقاضا می‌باشد بطوری‌که به دلیل اهمیت این مدل آقای دیتون در سال 2015 برنده جایزه نوبل اقتصاد شد. علت اهمیت و مفید بودن این مدل آن است که این مدل اولا از چارچوب حداکثرسازی مطلوبیت استخراج می‌شود، ثانیا شرایط مرتبه اول حداکثرسازی مطلوبیت را تامین می‌کند و سوم اصول موضوعه[2] مربوط به ترجیحات مصرف کننده‌ها را تامین می‌کند و در نهایت می‌توان از آن به سادگی برای آزمون قیود مربوط به توابع تقاضا مانند همگنی[3] و تقارن[4] در نظریه تقاضا استفاده نمود.

1. Deaton and Muellbauer (1980)
2. Axioms
3. Homogeneity
4. Symmetry

Archive of SID

www.SID.ir

فرم نهایی تابع تقاضای AIDS که به شکل سهم بودجه‌ای می‌باشد:

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} logp_j + \beta_i \log\left(\frac{x}{P}\right) \qquad (8)$$

که P شاخص قیمت است و به شکل زیر تعریف می شود:

$$\log(P) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2}\sum_j \sum_k \gamma_{kj} logp_k logp_j \qquad (9)$$

به دلیل اینکه رابطه فوق غیرخطی است دیتون و مئولبائر (1980) پیشنهاد دادند که برای مطالعات تجربی از شاخص قیمت استون[1] (1953) استفاده شود:

$$logP = \sum_i w_i logp_i \qquad (10)$$

هنگامی‌که از شاخص قیمت استون استفاده می‌شود مدل تقریب خطی سیستم تقاضای تقریبا ایده ال[2] (LA-AIDS) نامیده می‌شود:

$$w_i = \alpha_i + \beta_i \left(\log x - log \sum_i w_i logp_i \right) + \sum_j \gamma_{ij} logp_j \qquad (11)$$

برای این که رابطه فوق با نظریه مصرف کننده سازگار باشد باید قیود زیر درباره پارامترها برقرار باشد:

1- تجمیع: $\sum_i \alpha_i = 0, \ \sum_i \beta_i = 0, \ \sum_i \gamma_{ij} = 0$

2- همگنی: $\sum_j \gamma_{ij} = 0$

3- تقارن: $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$

1. Stone's Price Index
2. Linear Approximation of the Almost Ideal Demand System (LA-AIDS)

Archive of SID

www.SID.ir

سه قید فوق مربوط به فرض عقلانیت در نظریه تقاضای مصرف کننده می‌باشد. فرض تجمیع بیان می‌کند که مجموع مخارج برآورد شده برای هر کالا باید برابر مخارج کل شود. فرض همگنی بیان می‌کند اگر همه قیمتها و درآمد خانوارها به یک نسبت افزایش یابد آنگاه تغییری در انتخاب مصرف‌کننده روی نخواهد داد. تقارن به این مفهوم است که تغییر نسبی در مصرف یک کالا به دلیل تغییر در قیمت سایر کالاها (البته پس از جبران تغییر در درآمد حقیقی) باید برابر تغییر متناسب در تقاضای کالاهای دیگر باشد هنگامی‌که قیمت کالای اول تغییر می‌کند. به این نوع تقارن در اثر جانشینی تغییر قیمت کالاها، تقارن اسلاتسکی[1] گفته می‌شود.

به منظور رسیدن به اهداف این تحقیق فرض می‌شود که تابع مطلوبیت برای خانوارها وجود دارد و این تابع مطلوبیت از نظریه تقاضا تبعیت می‌کند. علاوه برآن از آنجایی‌که فرایند تصمیم‌گیری مصرف در خانوارها پیچیده می‌باشد و علاوه بر عوامل اقتصادی سایر عوامل نیز در این تصمیم‌گیری موثر می‌باشند لذا در این تحقیق فرض می‌شود که ویژگیهای اقتصادی- اجتماعی خانوارها نیز در تقاضا موثر بوده لذا در مدلسازی تجربی علاوه بر متغیرهای اقتصادی مانند قیمت و درآمد خانوارها سایر ویژگی‌های خانوارها مانند بعد، سواد سرپرست خانوار، سن و تعداد فرزندان نیز در نظر گرفته شده است. همچنین باید اشاره شود که در این مطالعه و مطالعات مشابه، تابع مطلوبیت در نظر گرفته شده معمولا تابع مطلوبیت سرپرست خانوار (در ایران معمولا پدر خانواده) می‌باشد که با فرضیاتی در مورد تابع مطلوبیت مانند جمع‌پذیری و جدایی‌پذیری می‌توان این تابع مطلوبیت را نماینده تابع مطلوبیت خانوارها در نظر گرفت. لذا معادله نهایی که در این تحقیق تخمین زده خواهد شد برابر است با:

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \left(log \frac{Y}{P} \right) + \sum_j \delta_{ij} \log h_j \qquad (12)$$

1. Slutsky symmetry

Archive of SID

www.SID.ir

که در رابطه فوق α_i ,γ_{ij} ,β_i ,δ_{ij} پارامترهای مدل می‌باشند. h_j ,P,Y ,P_j به ترتیب قیمت کالاها، درآمد خانوار، شاخص قیمت استون و شاخص مربوط به ویژگی‌های اقتصادی – اجتماعی خانوار می‌باشد.

از آنجاییکه در مدل AIDS سهم کالاها از بودجه خانوار به عنوان متغیر وابسته می‌باشد لذا باید برای محاسبه کشش‌های قیمتی، درآمدی و ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی از روابط مشخصی استفاده نمود. در زیر فرمول‌های محاسبه این کشش‌ها بیان شده است:

$$e_{ii} = -1 + \frac{\gamma_{ii}}{w_i} - \beta_i$$

$$e_{ij} = \frac{\gamma_{ii}}{w_i} - \beta_i \left(\frac{w_j}{w_i} \right)$$

$$e_{ix} = 1 + \frac{\beta_i}{w_i}$$

$$s_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{w_i}$$

3. مروری بر مطالعات تجربی

اخیراً مطالعات تجربی بسیاری در خصوص اثر بازگشتی انرژی بویژه در بخش حمل و نقل صورت گرفته است. در این بخش تلاش می‌شود تا بطور خلاصه برخی از مطالعات مهم انجام شده در داخل و خارج از کشور در مورد اثر بازگشتی انرژی بویژه انرژی برق، مطرح شده و نتایج آنها بیان گردد.

- مطالعات خارجی

با وجود مطالعات تجربی فراوان مربوط به تخمین اثر بازگشتی در خصوص خودرو و حمل ونقل شخصی در کشورهای توسعه‌یافته، مطالعات اندکی در این زمینه در خصوص انرژی برق صورت گرفته است که عمدتا مربوط به چین، آمریکا و کره جنوبی می‌باشد. مطالعات اثر بازگشتی بهبود کارایی برق عمدتا در سال 2016 صورت گرفته است که در ادامه به برخی از مهم‌ترین این مطالعات اشاره گردد:

Archive of SID

www.SID.ir

اسمال و دندر[1] (2005) اثر بازگشتی بهبود کارایی خودرو و اثرات آن را بر انتشار گاز CO_2 را در آمریکا بررسی نمودند. آن‌ها با استفاده از اطلاعات 36 سال (1966-2001) برای 50 ایالت آمریکا به علاوه شهر واشنگتن و با روش پنل دیتا اقدام به برآورد اثر بازگشتی نمودند. آن‌ها از فرم تبعی تقاضای لگاریتمی دو طرفه و روش تخمین 3SLS استفاده نمودند. نتایج تخمین اسمال و دندر برای اثر بازگشتی کوتاه‌مدت و بلندمدت آمریکا به ترتیب 4/5 و 22 درصد به دست آمده است. همچنین با احتساب ارزش درآمد در سال‌های مورد بررسی در کالیفرنیا، اثر بازگشتی به طور قابل توجهی کوچکتر بوده است به طوری‌که در کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب 2/2 و 11/3 درصد برآورد گردیده است.

جین[2] (2007) اثر بازگشتی بهبود کارایی انرژی برق مسکونی را در کره جنوبی مورد بررسی قرار داد. وی در این خصوص بیان می‌کند که دولت کره جنوبی مانند سایر دولت‌ها بدون اطلاع از اثر بازگشتی، سیاست‌های بهبود کارایی مصرف برق را اجرا نموده است اما در عمل به نتایج غیر منتظره رسیده است از این رو ایشان در مطالعه‌ای با دو مقیاس متفاوت اثر بازگشتی برق مصرفی در کره جنوبی را برآورد نمود. در سطح کلان، اثر بازگشتی مستقیم به طور غیر مستقیم و با استفاده از کشش قیمتی برآورد گردید. در سطح خرد اثر بازگشتی مستقیم لوازم خانگی فردی به طور مستقیم و با استفاده از رابطه غیر خطی بین کارایی انرژی و مصرف آن برآورد گردید. در سطح کلان نتایج نشان می‌دهد اثر بازگشتی در بلند مدت و کوتاه مدت به ترتیب 30 و 38 درصد برآورد گردیدند. همچنین در سطح خرد اثر بازگشتی سیستم های تهویه مطبوع بین 57 تا 70 درصد می‌باشد در حالی که یخچال و فریزر تنها ترکیبی از اثر درآمدی و بازگشتی را نشان دادند در نهایت اینکه هیچ اثر معکوسی در لوازم خانگی دیده نشد و بهبود بهره‌وری انرژی، کاهش انرژی را به همراه داشت اگرچه طبق انتظار نبود. در نتیجه اثر بازگشتی یک عامل مهم است که دولت

1. Small and Dender (2005)
2. Jin (2007)

Archive of SID

www.SID.ir

کره جنوبی باید در هنگام برنامه‌ریزی سیاست‌های بهبود بهره‌وری انرژی آن را در نظر داشته باشد.

اوهارا[1] (2012) اثر بازگشتی مستقیم برای مصرف برق در آمریکا را برآورد نمود. ایشان با استفاده از اطلاعات مصرف برق خانوارها در آمریکا طی دوره 2010-2006 ، اثر بازگشتی مستقیم را به طور غیر مستقیم و با استفاده از کشش‌های قیمتی برآورد نمود. سپس اثر سیاست‌های بهبود کارایی انرژی توسط دولت در خصوص استانداردهای لوازم و ساختمان‌ها را روی اثر بازگشتی بررسی نمود. یافته‌های وی نشان می‌دهند که سیاستگذاران حفاظت از انرژی باید تلاش‌های فعلی خود را برای تحمیل استانداردهای دقیق‌تر لوازم به سمت استانداردهایی مانند دستورالعمل ساختمان‌ها که اثر بازگشتی قابل توجهی ندارند؛ تغییر مسیر دهند.

لین و لیو[2] (2014) در مطالعه‌ای در چین اثر بازگشتی مصرف برق مسکونی را با توجه به اصلاح تعرفه برق برآورد نمودند. آن‌ها در اهمیت این موضوع تأکید نمودند که دولت چین افزایش بلوکی تعرفه برق را در کشور اجرا نموده است و این ممکن است یک پیشرفت در اصلاح تعرفه برق مسکونی باشد اما بهبود کارایی مصرف برق، روش ابتدایی مورد قبول دولت چین برای ذخیره و بقاء انرژی در بخش مسکونی محسوب می‌گردد در حالی‌که اثرات منفی بازگشت انرژی اثرات واقعی بهبود انرژی را ضعیف خواهد نمود. لذا آن‌ها، اثر تعدیل تعرفه برق مسکونی را روی اثر بازگشتی مصرف برق مسکونی در چین بررسی نمودند. آن‌ها با تقریب خطی مدل سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل (LA-AIDS) به برآورد اثر بازگشتی بهبود کارایی مصرف برق پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که اثر بازگشتی به طور تقریبی 165/22 درصد است. این رقم نشان‌دهنده وجود "اثر معکوس[3]" می‌باشد که حاکی از آن است که بهبود کارایی انرژی در عمل نه تنها اثر صرفه‌جویی نداشته بلکه اثر معکوس نیز داشته است. بعد از اجرای سیاست افزایش بلوکی تعرفه برق در

1. O'Hara (2012)
2. Lin & Liu (2013)
3. Backfire Effect

Archive of SID

www.SID.ir

چین اثر بازگشتی کاهش یافته و به مقدار 132/3 درصد رسید. آن‌ها همچنین در این مطالعه تعرفه‌های برق را که اثر بازگشتی در آن کمتر از یک یا حتی نزدیک به صفر باشد را یافتند. آن‌ها در این راستا یافتند که برای بازار برق در چین، اصلاحات تعرفه برق ممکن است یک روش موثر برای کاهش اثر بازگشتی باشد.

وانگو همکاران (2014)[1] در یک مطالعه تجربی اثر بازگشتی مستقیم برق مسکونی مناطق شهری در چین را برآورد نمودند. آن‌ها با استفاده از داده‌های پنل 30 استان در چین طی سال‌های 2010-1996 و همچنین ساخت یک معادله همجمع و مدل تصحیح خطای پنل به تحلیل اثر بازگشتی مستقیم پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که یک اثر بازگشتی مشهود در مصرف برق مسکونی مناطق شهری در چین وجود دارد. آن‌ها اثر بازگشتی در بلندمدت را 74 درصد و اثر بازگشتی در کوتاه‌مدت را 72 درصد برآورد نمودند. بنابراین آن‌ها دریافتند که اثر بازگشتی به طور معناداری اثرات سیاست‌های بهبود کارایی انرژی را مختل می‌نمایند به این دلیل دولت چین باید اثر بازگشتی را هنگام تدوین سیاست‌های بهبود کارایی انرژی در نظر بگیرد.

وانگ و همکاران (2016) در مطالعه‌ای اثر بازگشتی مصرف برق مسکونی در خانوارها را در شهر پکن برآورد نمودند. آن‌ها از یک مدل تقاضای لگاریتمی دوطرفه[2] انرژی و همچنین مدل تصحیح خطای نامتقارن واکنش‌های تقاضا از تغییرات قیمت برق برای تحلیل تجربی اثر بازگشتی مستقیم روی برق مسکونی مورد استفاده در پکن پرداختند. آن‌ها تقاضای مصرف‌کننده را با استفاده از یک تحلیل داده-ستانده هفت بخشی انرژی به منظور محاسبه اثر بازگشتی غیر مستقیم، کامل نمودند. نتایج آن‌ها با استفاده از شبیه‌سازی سه سناریو در خصوص کشش درآمدی، تغییرات وزن‌ها و هزینه‌کرد مجدد متناسب برق نشان می‌دهد که اثر بازگشتی مستقیم و غیر مستقیم در بلندمدت بین 46 تا 56 درصد و اثر بازگشتی مستقیم در کوتاه‌مدت بین 24 تا 37 درصد می‌باشد.

1.Wang et al. (2016)

2. Double Logarithm

Archive of SID

www.SID.ir

ژانگ و پنگ[1] (2016) در یک مطالعه تجربی در چین اثر بازگشتی مستقیم مصرف انرژی برق در مناطق مسکونی را برآورد نمودند. آنها برای بررسی اثر بازگشتی مستقیم مصرف برق مسکونی تحت انواع رژیم‌ها و عوامل اصلی موثر بر آن در طول سال‌های 2000-2013 از مدل آستانه‌ای پنل[2] استفاده نمودند. نتایج نشان می‌دهد که، اولاً، به طور متوسط اثر بازگشتی مستقیم مصرف برق مسکونی در چین در حدود 72 درصد است. دوم اینکه، اثر بازگشتی مستقیم در رژیم کم درآمد حدود 68 درصد و در رژیم پردرآمد حدود 55 درصد است و افزایش در درآمد ملی سرانه ممکن است به کاهش اثر بازگشتی مستقیم کمک کند. سوم اینکه، اثر بازگشتی مستقیم در رژیم روزهای با شدت سرمای کمتر حدود 75 درصد و در رژیم روزهای با شدت سرمای بیشتر برابر 90 درصد است و کاهش روزهای سرد ممکن است اثر بازگشتی مستقیم را کاهش دهد. چهارم، اثر بازگشتی مستقیم در رژیم بارش سبک حدود 68 درصد و در رژیم بارش سنگین حدود 86 درصد است و کاهش شدت بارش ممکن است به کاهش اثر بازگشتی مستقیم کمک کند. در نهایت، تولید ناخالص داخلی سرانه و جمعیت تاثیر مثبت قابل توجهی در مصرف برق مسکونی دارد در حالی که تاثیر روزهای سرد و شدت بارش نسبتا ضعیف‌تر به نظر می‌رسد.

مشیری و علی‌یو[3] (2017) اثر بازگشتی مستقیم را برای بخش حمل و نقل شخصی در کانادا با استفاده از داده‌های بودجه خانوار در دوره 1997-2009 برآورد نمودند. کل نمونه آن‌ها شامل 47،921 خانوار از مناطق شهری 9 استان کانادا می‌باشد که این مجموعه را به سه گروه کم‌درآمد، متوسط و گروه بالای درآمدی هم در سطح ملی و هم سطح استانی تقسیم‌بندی نمودند. آن‌ها همچنین برخی متغیرهای جمعیتی خانوار از جمله تعداد فرزندان زیر 17 سال و همچنین سرانه تعداد خودرو در هر خانوار را به منظور کنترل کردن خصوصیات خانوار به مدلشان اضافه نمودند زیرا انتظار می‌رود خانوارهای با تعداد فرزند

1. Zhang and Peng (2016)
2. Panel Threshold Model
3 .Moshiri and Aliyev (2017)

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتر و سرانه خودرو بالاتر، سهم بنزین بیشتری داشته باشند. مدل‌های برآوردی آن‌ها AIDS و QUAIDS شامل یک سیستم از معادلات سهم مخارج برای بنزین، سایر کالاهای انرژی و سایر کالاهای غیر انرژی می‌باشد که با استفاده از روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط غیر خطی (NLSUR) آن را برآورد نمودند. نتایج تخمین آن‌ها نشان داد که اثر بازگشتی نسبتا بالا بین 82 تا 88 درصد اما با ناهمگنی معنادار بین گروه‌های درآمدی، استان‌ها و قیمت‌های مختلف بنزین وجود دارد. همچنین اثر بازگشتی در محدوده 63 تا 96 درصد بین گروه‌های درآمدی و استان‌ها با افزایش قیمت بنزین، افزایش می‌یابد.

- مطالعات داخلی

منظور و همکاران (1389) در مطالعه‌ای اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصارف برق در بخش‌های خانگی و تولیدی در ایران را با رویکرد مدل تعادل عمومی قابل محاسبه برآورد نمود. آن‌ها مدل پیشنهادی خود را با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی کشور در سال 1380 و با فرض یک اقتصاد باز و کوچک شبیه‌سازی نمودند. بر اساس نتایج این مطالعه در سناریوی پایه، بهبود کارایی در مصارف برق به طور متوسط 14/2 درصد اثر بازگشتی را به همراه دارد بدین معنی که 14/2 درصد از کاهش اولیه در تقاضا تحت تأثیر اثر بازگشتی خنثی خواهد شد. میزان این اثر در بخش‌های مختلف نیز تفاوت زیادی با یکدیگر دارد. در این میان بخش نفت و گاز با بالاترین میزان اثر بازگشتی مواجه شده است. تحلیل حساسیت برای سنجش میزان تأثیر کشش جانشینی بین نهاده برق و انرژی‌های فسیلی بر شدت اثر بازگشتی نیز حاکی از آن است که چنانچه کشش جانشینی مورد نظر در دامنه 0/1 تا 0/9 تغییرکند، اثر بازگشتی در دامنه 11/6 تا 14/4 درصد نوسان خواهد داشت.

اسماعیل نیا و اختیاری (1391) اثر بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت در ایران را بررسی نمودند. در این مطالعه برای برآورد اثر بازگشتی از کشش قیمتی تقاضای انرژی استفاده و بدین منظور از فرم تبعی لگاریتمی دوطرفه استفاده گردیده است. با فرم تعریف شده و بررسی آن در سال‌های 1388-1355 نتایج حاصل شده حاکی از آن

Archive of SID

www.SID.ir

است که اثرات بلندمدت بهبود راندمان خودروها در ایران حدود 9 درصد می‌باشد به عبارت دیگر 9 درصد از صرفه‌جویی بالقوه دوباره مصرف شده و 91 درصد مابقی ذخیره شده است. این امر بر موفق بودن سیاست افزایش کارایی خودروها در جهت کاهش مصرف انرژی دلالت دارد.

خوشکلام (1393) در مطالعه‌ای اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین و گازوئیل در ایران را با تأکید بر بخش حمل و نقل و با رویکرد مدل تعادل عمومی قابل محاسبه برآورد نمود. وی با تأکید بر اینکه بنزین و گازوئیل دارای مصرف بالایی در اقتصاد ایران به ویژه بخش حمل و نقل هستند و از این رو ضروری است تا تمهیدات جدی برای ارتقای کارایی مصرف این دو فرآورده نفتی در رشته فعالیت‌های مختلف به‌خصوص حمل و نقل و زیربخش‌های آن به منظور کنترل مصرف آن‌ها اندیشیده شود. با توجه به اینکه بی‌توجهی به اثر بازگشتی باعث ناکارآمدی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف بنزین و گازوئیل خواهد شد، اقدام به برآورد اثر بازگشتی در این بخش نمود وی برای نیل به اهداف مدنظر از مدل CGE استفاده نمود که با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی 1385 شبیه‌سازی شده است. نتایج اجرای مدل نشان می‌دهد به دنبال بهبود 100 درصدی کارایی مصرف بنزین و گازوئیل، اثر بازگشتی در رشته فعالیت‌های مختلف وجود دارد به طوری که در مورد بنزین و گازوئیل در رشته فعالیت «حمل و نقل جاده‌ای» به ترتیب با 27/45 درصد و 25/21 درصد بیشترین اثر بازگشتی حاصل می‌آید. همچنین متوسط کل اثر بازگشتی در مورد بنزین برابر با 12/95 درصد و در مورد گازوئیل برابر با 13/79 درصد بوده است. 12/95 درصد بدین معنی است که 12/95 درصد از کاهش اولیه تقاضای بنزین -در نتیجه بهبود کارایی- با توجه به اثر بازگشتی خنثی شده است. همچنین در نتیجه بهبود 10 درصدی کارایی مصرف بنزین و گازوئیل، حمل و نقل ریلی (به‌عنوان یکی از زیربخش‌های حمل و نقل) دارای بیشترین افزایش در سطح فعالیت (13/4 درصد) بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir

خوشکلام (1394) در مطالعه‌ای اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف گازوئیل در بخش‌های مختلف اقتصادی و همچنین خانوارها در ایران را با رویکرد مدل تعادل عمومی قابل محاسبه برآورد نمود. وی اثر بازگشتی ناشی از ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل را تحت سه سناریوی ارتقاء کارایی 5 درصدی، 8 درصدی و 10 درصدی در بخش‌های مختلف اقتصاد وخانوارها بررسی نمود. نتاج نشان می‌دهد که تحت هر سه سناریو ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل باعث ایجاد ایجاد اثر بازگشتی می‌گردد به طوری‌که بخش حمل و نقل ریلی تحت هر سه سناریو با مقادیر اثر بازگشتی به ترتیب 48/3 ، 33/8 و 25/6 درصد دارای بیشترین اثر بازگشتی بوده است. در مورد خانوارها نیز نتایج نشان می‌دهد که اثر بازگشتی خانوارهای شهری تحت سه سناریو به ترتیب برابر با 3/01 ، 2/50 و 1/7 درصد و در مورد خانوارهای روستایی نیز به ترتیب برابر با 5/40، 3/13 و 1/9 درصد بوده است. نتایج مربوط به تغییرات در سطح فعالیت بخش‌ها نیز نشان می‌دهد که تحت هر سه سناریو میزان تولید و سطح فعالیت بخش‌های مختلف به دنبال شوک کارایی افزایش یافته‌اند. تولید ناخالص داخلی نیز در نتیجه ارتقاء 5، 8 و 10 درصدی کارایی به ترتیب معادل 0/009 ، 0/012 و 0/015 درصد رشد دارد.

همانطور که از مطالعات داخلی مشاهده می‌گردد، برآورد اثر بازگشتی بهبود کارایی مصرف برق به روش کشش‌های قیمتی تقاضا از طریق سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل تاکنون در هیچ مطالعه‌ای صورت نگرفته است و از این نظر این مطالعه برای اولین بار در ایران به این مهم پرداخته است. همچنین برای تخمین مدل، اطلاعات نزدیک به 180 هزار خانوار شهری در کشور طی سال‌های 1394-1385 به کار گرفته شده و مشخصات اقتصادی و اجتماعی خانوارها برای تخمین دقیق‌تر تقاضای انرژی برق لحاظ گردیده است که از این منظر نیز نوآوری این تحقیق به حساب می‌آید. از طرفی شاخص‌های قیمت بکار رفته در این مطالعه به صورت استانی استفاده شده است بدین معنی که برای خانوارهای مناطق مختلف، شاخص قیمت متناسب با هر منطقه به کار رفته است که دقت محاسبات را بسیار افزایش می‌دهد و تاکنون در هیچ مطالعه‌ای این موضوع دیده نشده است.

Archive of SID

www.SID.ir

4.مدلسازی تجربی

فرم تبعی مناسب، نوع شاخص‌ها، تعداد داده‌ها و روش تخمین مناسب، هر یک به نوبه خود در به دست آوردن تخمین‌های دقیق و بدون تورش از کشش قیمتی تقاضا موثر می‌باشند. در این تحقیق از فرم تابعی سیستم تقاضای تقریباً ایده آل خطی LA-AIDS و شاخص استون (به دلیل سادگی محاسبه و همچنین خطی‌سازی مدل از طریق این شاخص) و فرمول‌های کشش قیمتی و درآمدی ارائه شده در قسمت‌های قبل استفاده شده است. در ادامه به نوع داده‌ها و روش تخمین و تجزیه وتحلیل نتایج تخمین پرداخته شده است.

4-1. داده‌های مورد استفاده

این مطالعه به منظور بررسی اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق از طریق کشش تقاضای برق، نیازمند دو گروه داده‌ای است: 1- اطلاعات و داده‌های خرد از بودجه خانوار و همچنین 2- شاخص‌های قیمتی کالاها و گروه‌کالاها در مناطق مختلف شهری کشور. در این مطالعه سعی شده با استفاده از داده‌های مصرف در سطح خانوارها طی سال‌های 1385 تا 1394 این آثار سیاستی و قیمتی بررسی شود. همچنین قیمت کالاها و بالتبع گروه‌های کالایی در مناطق مختلف کشور متفاوت می‌باشد که در هیچ‌یک از مطالعات تقاضا به صورت سیستمی این تفاوت لحاظ نگردیده است. یکی از نوآوری‌های این مطالعه استفاده از شاخص‌های قیمتی کالاها و گروه کالاهای مختلف در مناطق مختلف کشور می‌باشد. بدین منظور از شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی استانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استفاده گردیده است.

یکی از منابع اطلاعاتی مهم و منحصر به فرد در مباحث اقتصاد خرد، اطلاعات هزینه و درآمد خانوار یا به اصطلاح بودجه خانوار می‌باشد. این اطلاعات سالانه با نمونه‌های گسترده به صورت میدانی و در قالب پرسشنامه‌های مفصل از خانوارهای مختلف (این پرسشنامه‌ها در بر گیرنده بیش از 1000 پرسش از خانوار می‌باشند که جهت پاسخگویی بهتر خانوار در مقابل پرسشگران هزینه پرداخت می‌گردد) در سطح کشور با بخش‌های

Archive of SID

www.SID.ir

اجتماعی، اقتصادی (هزینه و درآمد) جمع‌آوری می‌گردد. لذا در عین تحلیل مباحث اقتصادی، با استفاده از مشخصات اقتصادی، اجتماعی خانوار می‌توان این عوامل را در بررسی‌های اقتصادی مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

خدمات "برق" و "سایر انرژی‌ها" در اطلاعات بودجه خانوار، زیر گروهی از گروه مسکن، سوخت و روشنایی می‌باشد و به همین دلیل مخارج این دو گروه از مخارج گروه مسکن مجزا گردیده است. در نهایت علاوه بر 2 گروه فوق، اطلاعات "سایر گروه‌های کالایی غیر انرژی" از آمار بودجه خانوار محاسبه و در طی سال‌های مختلف جمع‌آوری شده‌اند. بدین ترتیب در مجموع 3 گروه کالایی معادلات تقاضا را تشکیل می‌دهند. اگرچه یکی از معادلات (سایر گروه‌های کالایی غیر انرژی) به دلیل تحمیل قید تجمیع در تخمین نهایی حذف می‌گردد.

2-4. روش برآورد مدل

در تقریب مدل خطی AIDS، از روش رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتبط (SUR) استفاده شده است. یکی از مهمترین موارد بکارگیری مدل‌های SUR در اقتصاد، تخمین سیستم‌های معادلات تقاضا و نیز توابع هزینه ترانسلوگ می‌باشد. دلیل آن این است که میان جزء اخلال معادلات سهم مخارج همبستگی وجود دارد لذا در این روش بدین‌گونه عمل شده که یکی از معادلات تقاضا را از دستگاه معادلات کنار گذارده و پارامترهای سایر معادلات را تخمین زده و سپس پارامترهای مربوط به معادله کنار گذاشته شده بر مبنای قید جمع‌پذیری بر حسب سایر پارامترها برآورد می‌شود. از آن جا که بر حسب قید جمع‌پذیری مجموع سهم ها برابر یک است نوع معادله حذف شده مهم نیست و این کار به دلخواه انجام می‌گیرد.

- برآورد سیستم معادلات مقید AIDS

در این بخش، سیستم معادلات مقید با اعمال قید تقارن بر ضرایب و همچنین اعمال قید همگنی برآورد گردیده‌اند. قابل ذکر است که با اعمال قید جمعی، ضرایب مربوط به پارامترهای گروه "سایر کالاهای غیر انرژی" بعد از تخمین محاسبه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

تصریح فرم تبعی بعد از اعمال قیود بصورت زیر می‌باشد:

$$S_{barg\,h}=c_{10}+c_{11}Log(P_{barg\,h})+c_{12}Log(P_{senergy})+(-c_{11}-c_{12})Log(P_{sghenergy})+c_{14}Log\left(\frac{Y}{P}\right)+c_{15}boad$$
$$+c_{16}child+c_{17}savad+c_{18}sal+c_{111}D_1+c_{112}D_2+c_{113}D_1\times Log\left(\frac{Y}{P}\right)+c_{114}D_2\times Log\left(\frac{Y}{P}\right)+c_{115}D_1\times Log(P_{barg\,h})$$
$$+c_{116}D_2\times Log(P_{barg\,h})+c_{117}D_1\times Log(P_{senergy})+c_{118}D_2\times Log(P_{senergy})+c_{119}D_1\times Log(P_{sghenergy})+c_{120}D_2\times Log(P_{sghenergy})$$

$$S_{senergy}=c_{20}+c_{12}Log(P_{barg\,h})+c_{22}Log(P_{senergy})+(-c_{12}-c_{22})Log(P_{sghenergy})+c_{24}Log\left(\frac{Y}{P}\right)+c_{25}boad$$
$$+c_{26}child+c_{27}savad+c_{28}sal+c_{211}D_1+c_{212}D_2+c_{213}D_1\times Log\left(\frac{Y}{P}\right)+c_{214}D_2\times Log\left(\frac{Y}{P}\right)+c_{215}D_1\times Log(P_{barg\,h})$$
$$+c_{216}D_2\times Log(P_{barg\,h})+c_{217}D_1\times Log(P_{senergy})+c_{218}D_2\times Log(P_{senergy})+c_{219}D_1\times Log(P_{sghenergy})+c_{220}D_2\times Log(P_{sghenergy})$$

که در مدل فوق:

$S_{barg\,h}$: سهم مخارج انرژی برق از کل مخارج

$S_{senergy}$: سهم مخارج سایر انرژی‌ها از کل مخارج

$P_{barg\,h}$: شاخص قیمت انرژی برق خانگی

$P_{senergy}$: شاخص قیمت سایر انرژی‌های مورد مصرف

$P_{sghenergy}$: شاخص قیمت سایر کالاهای غیرانرژی

P : شاخص قیمت استون

Y : مخارج خانوار

$boad$: بعد خانوار

$child$: تعداد فرزندان خانوار

$savad$: متغیر مجازی باسوادی یا بی‌سوادی سرپرست خانوار

sal: سن سرپرست خانوار

D_1: متغیر مجازی گروه پایین درآمدی

D_2: متغیر مجازی گروه متوسط درآمدی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول(1): تخمین سیستم معادلات تقاضای برق (بدون گروه‌بندی درآمدی خانوارها)

معادلات / ضرایب	برق	سایر انرژی‌ها	معادلات / ضرایب	برق	سایر انرژی‌ها
عرض از مبدأ	**0/0760** **(0/0000)**	**0/1007** **(0/0000)**	**بعد خانوار**	**0/0004** **(0/0000)**	**0/0004** **(0/0000)**
قیمت برق	**0/0024** **(0/0000)**	**0/0067** **(0/0000)**	**تعداد فرزند**	**-0/0001** **(0/0887)**	**-0/0006** **(0/0000)**
قیمت سایر انرژی‌ها	**0/0067** **(0/0000)**	**0/0100** **(0/0000)**	**سواد سرپرست**	**-0/0002** **(0/0328)**	**-0/0023** **(0/0000)**
درآمد واقعی	**-0/0036** **(0/0000)**	**-0/0045** **(0/0000)**	**سن سرپرست**	**0/0000** **(0/0000)**	**0/0000** **(0/0000)**

منبع: نتایج پژوهش

جدول(2): تخمین سیستم معادلات تقاضای برق (با گروه‌بندی درآمدی خانوارها)

معادلات / ضرایب	برق	سایر انرژی‌ها	معادلات / ضرایب	برق	سایر انرژی‌ها
عرض از مبدأ	**0/0619** **(0/0000)**	**0/0830** **(0/0000)**	**D_2 متغیر مجازی گروه درآمد متوسط**	**0/0074** **(0/0112)**	**0/0067** **(0/1009)**
قیمت برق	**0/0020** **(0/0000)**	**0/0052** **(0/0000)**	$D_1 \times Log\left(\frac{Y}{P}\right)$	**-0/0003** **(0/0674)**	**0/0001** **(0/6820)**
قیمت سایر انرژی‌ها	**0/0052** **(0/0000)**	**0/0093** **(0/0000)**	$D_2 \times Log\left(\frac{Y}{P}\right)$	**-0/0017** **(0/0000)**	**-0/0018** **(0/0000)**
درآمد واقعی	**-0/0030** **(0/0061)**	**-0/0037** **(0/0000)**	$D_1 \times Log(P_{b\arg h})$	**0/0038** **(0/0000)**	**0/0052** **(0/0000)**
بعد خانوار	**0/0004** **(0/0000)**	**0/0003** **(0/0003)**	$D_2 \times Log(P_{b\arg h})$	**0/0023** **(0/0000)**	**0/0028** **(0/0000)**
تعداد فرزند	**-0/0001** **(0/0156)**	**-0/0007** **(0/0000)**	$D_1 \times Log(P_{senergy})$	**-0/0031** **(0/0000)**	**-0/0067** **(0/0000)**
سواد سرپرست خانوار	**0/0003** **(0/0068)**	**-0/0017** **(0/0000)**	$D_2 \times Log(P_{senergy})$	**-0/0026** **(0/0000)**	**-0/0022** **(0/0001)**
سن سرپرست خانوار	**0/0000** **(0/0000)**	**0/0000** **(0/0000)**	$D_1 \times Log(P_{sghenergy})$	**0/0049** **(0/0000)**	**0/0070** **(0/0000)**
D_1 متغیر مجازی گروه کم درآمد	**-0/0167** **(0/0000)**	**-0/0242** **(0/0000)**	$D_2 \times Log(P_{sghenergy})$	**0/0053** **(0/0000)**	**0/0052** **(0/0000)**

منبع: نتایج پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (1) و (2) نتایج تخمین سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل برق را برای متوسط کل خانوارهای شهری و همچنین گروه‌های مختلف درآمدی نشان می‌دهد. نتایج برآورد هر دو مدل، نشان دهنده خوبی برازش در معادلات برآوردی است. اکنون با توجه به معادلات مقید برآورد شده می‌توان کشش‌های درآمدی و قیمتی گروه‌های کالایی را محاسبه نمود.

- سنجش کشش‌های قیمتی، کارایی و اثر بازگشتی

هدف اصلی این مقاله بررسی اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی در مصرف برق برای خانوارهای شهری ایران از طریق برآورد کشش‌های قیمتی تقاضای برق می‌باشد. از این رو در این قسمت کشش‌های قیمت خودی با استفاده از فرمول‌های بخش دوم محاسبه شده و کشش کارایی و اثر بازگشتی مربوط به کل و همچنین هر یک از گروه‌های درآمدی در جدول (3) آورده شده است. با بررسی کشش‌های قیمتی، مشاهده می‌شود که کشش قیمتی تقاضا در تمامی گروه‌های کالایی مورد بررسی منفی بوده و در هیچ یک از گروه‌ها، قانون تقاضا نقض نشده و مطابق انتظار است.

بررسی جدول (3) نشان می‌دهد که به طور متوسط اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق در بین خانوارهای شهری در حدود 81 درصد می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد در صورتی که کارایی مصرف برق 1 درصد افزایش یابد، مصرف برق تنها 0/19 درصد کاهش یافته و 0/81 درصد از ذخیره بالقوه به دلیل بهبود کارایی مجدداً مصرف می‌گردد. این در حالی است که اثر بازگشتی سایر انرژی‌ها مقداری بسیار کمتر و در حدود 37 درصد است. بدین معنی که ارتقاء بهره‌وری در مصرف سایر انرژی‌ها با وجود اثر بازگشتی، اما به نسبت بیشتری از انرژی برق، ذخیره و صرفه جویی در مصرف صورت می‌گیرد.

همچنین در جدول (3) اثر بازگشتی در بین خانوارهای گروه‌های مختلف درآمدی نیز محاسبه و برآورد گردیده است. کشش قیمتی تقاضای برق و سایر انرژی‌ها در خانوارهای گروه پایین درآمدی (فقیر) به ترتیب برابر 0/65- و 0/29- می‌باشد. از این رو اثر بازگشتی برق در خانوارهای فقیر نسبت به سایر گروه‌های درآمدی کمتر بوده و بدین معنی است که

Archive of SID

www.SID.ir

ارتقاء کارایی مصرف برق در بین این گروه، اثرات ذخیره مصرف بیشتری نسبت به سایر گروه‌های درآمدی داراست.

جدول(3): برآورد کشش قیمتی، کارایی و اثر بازگشتی مستقیم به تفکیک کل و گروه‌های درآمدی

گروه	گروههای کالایی	میانگین سهم کالاها	ضریب درآمدی	ضریب خود قیمتی	کشش قیمتی	کشش کارایی	اثر بازگشتی
کل خانوارها	برق	0/0130	-0/0036	0/0024	-0/81	-0/19	0/81
	سایر انرژی‌ها	0/0160	-0/0045	0/0100	-0/37	-0/63	0/37
	سایر کالاهای غیر انرژی	0/9709	0/0082	-0/0130	-1/02		
خانوارهای کم درآمد	برق	0/0169	-0/0033	0/0058	-0/65	-0/35	0/65
	سایر انرژی‌ها	0/0205	-0/0036	0/0145	-0/29	-0/71	0/29
	سایر کالاهای غیر انرژی	0/9624	0/0070	-0/0200	-1/02		
خانوارهای با درآمد متوسط	برق	0/0130	-0/0047	0/0044	-0/66	-0/34	0/66
	سایر انرژی‌ها	0/0162	-0/0056	0/0121	-0/24	-0/76	0/24
	سایر کالاهای غیر انرژی	0/9707	0/0103	-0/0170	-1/02		
خانوارهای پر درآمد	برق	0/0091	-0/0030	0/0020	-0/78	-0/22	0/78
	سایر انرژی‌ها	0/0113	-0/0037	0/0093	-0/17	-0/83	0/17
	سایر کالاهای غیر انرژی	0/9795	0/0067	-0/0110	-1/01		

منبع: نتایج پژوهش

کشش قیمتی تقاضای برق در خانوارهای گروه متوسط درآمدی برابر 0/66- می‌باشد که اثر بازگشتی به میزان اندکی از خانوارهای فقیر بیشتر است. در نهایت کشش قیمتی تقاضای برق در خانوارهای گروه بالای درآمدی (ثروتمند) برابر 0/78- می‌باشد. از این رو

Archive of SID

www.SID.ir

این گروه بیشترین اثر بازگشتی را در بین گروه‌های درآمدی داشته و بدین معنی است که ارتقاء کارایی مصرف برق در بین این گروه، اثرات ذخیره مصرف کمتری نسبت به سایر گروه‌های درآمدی داراست.

- سنجش کشش های درآمدی مدل مقید

برآورد کشش‌های درآمدی برق و سایر گروه‌های کالایی از نتایج فرعی این مطالعه محسوب می‌گردد که نتایج محاسبه این کشش‌ها در جدول (4) ارایه شده است. البته باید توجه داشت که طبقه بندی کالاها در هر الگوی AIDS بر اساس علامت ضریب مخارج واقعی صورت می گیرد که نتایج حاکی از ضروری بودن انرژی برق و سایر انرژی‌ها برای کل خانوارها و همچنین کلیه گروه‌های درآمدی می‌باشد که قابل انتظار است.

با توجه به جدول (4)، مشاهده می‌شود که کشش درآمدی مربوط به برق و سایر انرژی‌ها در گروه درآمدی پایین (فقرا) بیشتر از سایر گروه‌ها می‌باشد که نشان‌دهنده اضطرار کمتر این دو کالا در این گروه نسبت به سایر گروه‌های درآمدی می‌باشد.

جدول(4): کشش درآمدی LA-AIDS به تفکیک کل و گروه‌های درآمدی

گروه	گروههای کالایی	میانگین سهم کالاها	ضریب درآمدی	کشش درآمدی
کل خانوارها	برق	0/0130	-0/0036	0/72
	سایر انرژی‌ها	0/0160	-0/0045	0/72
	سایر کالاهای غیر انرژی	0/9709	0/0082	1/00
خانوارهای کم درآمد	برق	0/0169	-0/0033	0/80
	سایر انرژی‌ها	0/0205	-0/0036	0/82
	سایر کالاهای غیر انرژی	0/9624	0/0070	1/00
خانوارهای با درآمد متوسط	برق	0/0130	-0/0047	0/63
	سایر انرژی‌ها	0/0162	-0/0056	0/65
	سایر کالاهای غیر انرژی	0/9707	0/0103	1/01
خانوارهای پر درآمد	برق	0/0091	-0/0030	0/67
	سایر انرژی‌ها	0/0113	-0/0037	0/67
	سایر کالاهای غیر انرژی	0/9795	0/0067	1/00

منبع: نتایج پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

- متغیرهای اقتصادی- اجتماعی

همانطور که در قسمت‌های قبل اشاره گردید یکی از نقات قوت این مطالعه در برآورد تابع تقاضای برق، لحاظ متغیرهای اقتصادی اجتماعی یا به عبارت دیگر مشخصات جمعیت شناختی هر خانوار در مدل می‌باشد. متغیرهای اقتصادی- اجتماعی از جمله بعد خانوار، سن، سواد سرپرست خانوار و تعداد فرزندان در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که انتظار می‌رود، به طور متوسط افزایش بعد خانوار شهری اثر مثبت و معنی‌دار بر تقاضای برق و سایر انرژی‌ها در خانوار دارد بدین معنی که افزایش تعداد اعضای خانوار موجب افزایش تقاضای برق یک خانوار شهری در ایران می‌گردد. همچنین متغیر سن سرپرست خانوار اثر مثبت اما بسیار کوچک بر تقاضای برق دارد.

مطابق انتظار متغیر سواد سرپرست خانوار اثر منفی و با معنی بر تقاضای برق و سایر انرژی‌های خانوار شهری ایرانی دارد به طوریکه باسوادی سرپرست خانوار، تقاضای برق و سایر انرژی‌های مورد استفاده خانوار را کاهش می‌دهد. همچنین متغیر تعداد فرزندان بر تقاضای برق و سایر انرژی‌ها اثر منفی و معنی‌دار[1] دارد بدین معنی که خانوارهای دارای تعداد بیشتر فرزندان تقاضای کمتری برای برق و سایر انرژی‌ها دارند.

5.جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

یکی از بزرگترین و پاک‌ترین انرژی‌هایی که در زندگی امروزه استفاده می‌شود، انرژی الکتریکی است. از زمان کشف جریان برق تاکنون، این انرژی ارکان مختلفی از زندگی انسان‌ها را تحت تأثیر قرار داده و ویژگی‌های منحصر به فرد انرژی برق، کاربرد روز افزون آن را اجتناب‌ناپذیر کرده است. مزیت‌هایی چون عدم وجود آلودگی در هنگام استفاده، سهولت استفاده، تنوع روش‌های تولید و قابلیت تولید و توزیع در مقیاس بالا، استفاده از انرژی الکتریکی را مقرون به صرفه کرده است.

۱- متغیر تعداد فرزندان در معادله برق (بدون لحاظ گروه‌های درآمدی) در سطح 90 درصد معنی‌دار می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

امروزه سهم بزرگی از مصرف برق مربوط به بخش خانگی است از این رو باید تمهیداتی در جهت اصلاح مصرف از طریق بهبود کارایی آن صورت گیرد که در حال حاضر در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در این خصوص، سیاست‌گذاری و اقدامات زیادی صورت می‌گیرد. بحث مربوط به بهبود کارایی مصرف انرژی توأم با دغدغه‌ای به نام اثر بازگشتی است که طی آن، کاهش اولیه در مصرف انرژی در نتیجه بهبود کارایی تا اندازه‌ای خنثی می‌شود.

هدف در این پژوهش بررسی اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق در خانوارهای شهری ایران می‌باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که اثر بازگشتی بهبود کارایی مصرف برق در خانوارهای شهری برابر با 81 درصد می‌باشد که در مقایسه با اثر بازگشتی سایر انرژی‌ها (37 درصد) بسیار بالا می‌باشد. این بدین معنی است که بخش عمده‌ای از تلاش‌ها و سیاست‌گذاری‌ها در جهت بهبود کارایی مصرف برق در بخش خانگی ایران، خنثی شده و تنها بخش کوچکی از آن منجر به کاهش مصرف برق می‌گردد. به عبارت دیگر به ازاء هر یک درصد افزایش کارایی لوازم خانگی برقی، تنها 0/19 درصد منجر به کاهش مصرف گردیده و 0/81 درصد از ذخیره مورد انتظار برق، به صورت اثر بازگشتی مجدداً مصرف می‌گردد. این در حالی است که این رقم برای سایر انرژی‌های مورد استفاده خانوار تنها 37 درصد می‌باشد.

محاسبه اثر بازگشتی مستقیم برق در بین خانوارهای گروه‌های مختلف درآمدی نشان می‌دهد که این اثر برای خانوارهای کم درآمد، متوسط و پر درآمد به ترتیب برابر 0/65 ، 0/66 و 0/78 است که نمایانگر بالا بودن این اثر در بین خانوارهای ثروتمند می‌باشد بدین معنی که بهبود کارایی مصرف برق، اثر صرفه‌جویی کمتری در گروه بالای درآمدی در مقایسه با گروه‌های پایین و متوسط درآمدی دارد. به عبارت دیگر به دلیل اثر بازگشتی مستقیم، بهبود کارایی وسایل برقی در بین خانوارهای ثروتمند، کاهش مصرف برق کمتری نسبت به سایر گروه‌های درآمدی خواهد داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران اقتصادی کشور در تدوین راهبردهای بهینه‌سازی مصرف انرژی، اثر بازگشتی مترتب بر آن را مد نظر قرار داده و قبل از هر نوع برنامه‌ریزی در این راستا، توجه ویژه‌ای به اثرات ناشی از اجرای این سیاست‌ها داشته باشند. زیرا به طور قطع، اجرای چنین سیاست‌هایی با عکس‌العمل‌هایی در سمت تقاضا همراه بوده و این امکان وجود دارد که از درجه اثرگذاری این سیاست‌ها کاسته شود. بدیهی است در بخش‌هایی که اثر بازگشتی بیشتری دارند، باید اجرای سیاست‌های بهبود کارایی همراه با سیاست‌های تغییر تعرفه و سایر عوامل موثر بر اثرات بازگشتی به‌نحوی انجام گیرد تا این اثرات و ناکارآمدی در اجرای این سیاست‌ها به کمترین حد ممکن برسد.

6. منابع

الف) فارسی

اسماعیل‌نیا، علی اصغر و اختیاری نیکجه، سارا (1391)، بررسی میزان اثر بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت ، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال 9، شماره 34، صص 213- 185.

جلایی، سید عبدالمجید، جعفری، سعید و انصاری لاری، صالح (1392)، برآورد تابع تقاضای برق خانگی در ایران با استفاده از داده‌های تابلویی استانی، *فصلنامه اقتصاد انرژی ایران*، سال 2، شماره 8، صص 92- 69.

خوشکلام، موسی (1393)، اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین و گازوئیل در ایران با تأکید بر بخش حمل و نقل: رویکرد مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، سال 3، شماره 11، صص 158- 131.

Archive of SID

www.SID.ir

خوشکلام، موسی (1394)، اثر بازگشتی مربوط به بخش‌های اقتصادی و خانوارها در نتیجه ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، سال 23، شماره 74، صص 54- 31.

منظور، داود، آقا بابایی، محمد ابراهیم و حقیقی، ایمان (1389)، تحلیل اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصارف برق در ایران: الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال 8، شماره 28، صص 23- 1.

ب) انگلیسی

Atlason, R.S., and Unnthorsson R. (2017), "Calculations of Environmental Benefits from Using Geothermal Energymust Include the Rebound Effect", Geothermics, No. 66, pp. 151–155.

Greening, L. A. , Greene D. L., and Difiglio, C. (2000). "Energy Efficiency and Consumption – the Rebound Effect - A Survey", Energy Policy, No. 28 pp. 389-401.

Herring, H, and Sorrell, S. (2009). "Energy Efficiency and Sustainable Consumption (Rebond Effect)", Palgrave Macmillan, U. K .

Jin, S.H, (2007), "The Effectiveness of Energy Efficiency Improvement in a Developing Country: Rebound Effect of Residential Electricity Use in South Korea", Energy Policy, No. 35, pp. 5622–5629.

Lin, B., and Liu X. (2013), "Electricity Tariff Reform and Rebound Effect of Residential Electricity Consumption in China", Energy, No. 59, pp. 240–247.

Moshiri, S., and Aliyev K. (2017), "Rebound Effect of Efficiency Improvement in Passenger Cars on Gasoline Consumption in Canada", Ecological Economics, No. 131, pp. 330–341.

O'Hara, M., (2012), "Direct Household Rebound Effect for Electricity Consumption in the U.S.: Implications for Energy Conservation Policy", Economics Honors Thesis, pp. 1–30.

Saunders, H. D. (1992). "The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth", Energy Journal, Vol. 13, Issue.4, pp.131-148.

Small, K.A., and K.V, Dender (2005), "A Study to Evaluate the Effect of Reduced Greenhouse Gas Emissions on Vehicle Miles Travelled ", California Energy Commission, No. 2, pp. 1-86.

Archive of SID

www.SID.ir

Sorrell, S., and J, Dimitropoulos (2008), "The Rebound Effect: Microeconomic Definitions, Limitations and Extensions", Ecological Economics, No. 65, pp. 636–649.

Sorrell, S., Dimitropoulos, J., and Sommerville M, (2009), "Empirical Estimates of the Direct Rebound Effect: A Review", Energy Policy, No. 37, pp. 1356–1371.

Vivanco, D.F, Kemp, R., and Voet E.V.D. (2016), "How to Deal with the Rebound Effect? A Policy-Oriented Approach", Energy Policy, No. 94, pp. 114–125.

Wang, H., Zhou, P., and Zhou D.Q. (2012), "An Empirical Study of Direct Rebound Effect for Passenger Transport in Urban China", Energy Economics, No. 34, pp. 452–460.

Wang, Z., Han, B., and Lue M. (2016), "Measurement of Energy Rebound Effect in Households: Evidence from Residential Electricity Consumption in Beijing, China", Renewable and Sustainable Energy Reviews, No. 58, pp. 852–861.

Wang, Z., Liu, M., and Wang J.C (2014), "Direct Rebound Effect on Urban Residential Electricity Use : An Empirical Study in China", Renewable and Sustainable Energy Reviews, No. 30, pp. 124–132.

Zhang, Y., and Peng H, (2016), "Exploring the Direct Rebound Effect of Residential Electricity Consumption: An Empirical Study in China", Applied Energy, No. 37, pp. 1–10.

Zhang, Y., and H, Peng (2016), "Measuring the Direct Rebound Effect of China's Residential Electricity Consumption", Energy Procedia, No. 104, pp. 305–310.

Archive of SID

www.SID.ir