



Munich Personal RePEc Archive

# **Rebound Effects Analysis of Electricity Efficiency Improvements in Iran: A Computable General Equilibrium Approach**

Davood, Manzoor and Mohammad, Aghababaei and Haqiqi,  
Iman

Imam Sadiq University, University of Economic Sciences, University  
of Economic Sciences

2011

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/95810/>  
MPRA Paper No. 95810, posted 01 Sep 2019 13:54 UTC

## تحلیل اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصارف برق در ایران: الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر

داود منظور\*

استادیار دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه امام صادق (ع) [manzoor@isu.ac.ir](mailto:manzoor@isu.ac.ir)

محمد ابراهیم آقابابائی

دانشجوی دکتری علوم اقتصادی دانشگاه تهران [aghababaei@ut.ac.ir](mailto:aghababaei@ut.ac.ir)

ایمان حقیقی

دانشجوی دکتری اقتصاد، مدرس دانشکده‌ی علوم اقتصادی [iman.haqiqi@gmail.com](mailto:iman.haqiqi@gmail.com)

تاریخ دریافت: 89/6/15 تاریخ پذیرش: 89/10/11

### چکیده

بهبود کارایی در مصارف برق، کاهش تقاضای آن را در پی دارد، که به نوبه‌ی خود موجب کاهش قیمت در بازار برق و متعاقب آن افزایش القایی در تقاضا خواهد شد. این امر بخشی از کاهش اولیه در تقاضا را خنثی می‌کند که اصطلاحاً آن را "اثر بازگشتی" می‌نامند. بر این اساس انتظار می‌رود بهبود کارایی در مصارف برق، اثرات بازگشتی را به همراه داشته باشد، که عدم توجه به آن در تحلیل‌های سیاستی، منافع ناشی از اقدامات بهبود کارایی را بیش از واقع نشان خواهد داد.

هدف این مقاله ارائه‌ی یک الگوی نظری برای تعیین عوامل مؤثر بر میزان اثرات بازگشتی در تقاضای برق و اندازه‌گیری شدت این اثرات در اقتصاد ایران، با فرض بهبود کارایی در مصارف برق در بخش‌های خانگی و تولیدی به صورت برون‌زا و بدون هزینه می‌باشد. برای این منظور از یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر برای اقتصاد ایران استفاده می‌شود. مدل پیشنهادی با استفاده از ماتریس داده‌های خرد، که از ماتریس حسابداری اجتماعی کشور در سال 1380 استخراج می‌شود و با فرض یک اقتصاد باز و کوچک مورد شبیه‌سازی قرار می‌گیرد.

بر اساس نتایج این مطالعه در سناریوی پایه، بهبود کارایی در مصارف برق به طور متوسط 14/2 درصد اثرات بازگشتی را به همراه دارد، بدین معنی که 14/2 درصد از کاهش اولیه در تقاضا تحت تأثیر اثرات 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 اثرات بازگشتی مواجه شده است. تحلیل حساسیت برای سنجش میزان تأثیر کشش جانشینی بین نهاده‌ی برق و انرژی‌های فسیلی بر شدت اثرات بازگشتی نیز حاکی از آن است که چنانچه کشش جانشینی مورد نظر در دامنه‌ی 0/1 تا 0/9 تغییر کند، اثرات بازگشتی در دامنه‌ی 11/6 تا 14/4 درصد نوسان خواهد داشت.

طبقه‌بندی JEL: C68, D12, D21, D58, Q41, Q43

کلید واژه: مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر، کارایی برق، اثرات بازگشتی، ایران.

\* نویسنده‌ی مسئول

**1- مقدمه**

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 ما را تأثیر قرار داده و ویژگی‌های منحصر به فرد جریان 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.

در جانب عرضه‌ی برق، بیش از 90 درصد تولید انرژی الکتریکی در کشور را نیروگاه‌های حرارتی تامین می‌کنند<sup>1</sup>. یکی از اصلی‌ترین چالش‌های تولید برق در کشور، رقم بالای تلفات در تبدیل سوخت‌های فسیلی به انرژی الکتریکی است. بازدهی پایین نیروگاه‌های حرارتی کشور، همه ساله سبب از دست رفتن سرمایه‌های زیادی می‌شود. از سوی دیگر درحالی که میانگین جهانی تلفات برق در شبکه‌های انتقال و توزیع، 8/4 درصد می‌باشد، این رقم در ایران 19/9 درصد در سال 1386 گزارش شده است<sup>2</sup>.

در جانب تقاضای برق نیز، رشد نفوذ برق به همراه رشد جمعیت، سبب رشد شدید مصرف آن در کشور در سال‌های اخیر شده است. ایران تقریباً بالاترین نرخ رشد سالانه‌ی اوج مصرف برق در جهان را داراست، که بالغ بر 40٪ برآورد شده است. (قاضی‌زاده و همکاران<sup>3</sup>، 2007) نگاهی به آمار و ارقام موجود نشان می‌دهد که شدت مصرف برق در ایران 0/92 وات ساعت به ازای هر دلار (به قیمت ثابت سال 2000) می‌باشد، در حالی که میانگین جهانی شدت مصرف برق تنها 0/46 وات ساعت به ازای هر دلار (به قیمت ثابت سال 2000) برآورد شده است<sup>4</sup>. ناچیز بودن بهای برق مصرفی در بخش‌های تولیدی و خانگی به دلیل تخصیص یارانه‌ی دولتی، سبب رشد فزاینده‌ی مصرف آن در سال‌های اخیر شده است.

1- خلاصه‌ی گزارش عملکرد شبکه‌ی تولید و انتقال. شرکت مدیریت شبکه‌ی برق ایران، 1386.

2- آمار و نمودارهای انرژی در ایران و جهان 2007-1386، وزارت نیرو، 1387.

3- Ghazizadeh et al.

4- آمار و نمودارهای انرژی در ایران و جهان 2007-1386، وزارت نیرو، 1387.

تلفات بسیار بالای برق به همراه مصرف بالای این نهاد، اصلاحات جدی در بخش‌های تولید، انتقال، توزیع و مصرف را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. این اصلاحات منجر به افزایش کارایی در عرضه و تقاضای برق خواهد شد.

به طور کلی بالا بودن اتلاف انرژی و روند فزاینده‌ی مصرف آن، آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصارف انرژی، عدم رقابت‌پذیری صنایع انرژی‌بر، در کنار توصیه‌های جهانی برای توجه به مکانیزم توسعه‌ی پاک، توجه سیاست‌مداران کشور را به سمت بهبود کارایی انرژی بیش از پیش جلب کرده است. تمرکز بر مسأله‌ی بهبود کارایی انرژی، دغدغه و نگرانی‌های جدیدی در این حوزه به وجود آورده است، که در راس آن‌ها مسأله‌ی اثرات بازگشتی<sup>1</sup> و اثرات معکوس<sup>2</sup> قرار دارد. (ترنر<sup>3</sup>، 2009)

با وجود تصور اولیه، بهبود کارایی ممکن است منجر به کاهش مصرف به همان میزان پیش‌بینی شده‌ی اولیه نگردد. "اثرات بازگشتی"، بخشی از کاهش اولیه ناشی از بهبود کارایی در مصرف انرژی را خنثی می‌کند. در برخی بخش‌ها ممکن است وجود این اثر حتی منجر به افزایش مصرف نیز شود. اثر بازگشتی زمانی اتفاق می‌افتد که بهبود کارایی انرژی به صورت مستقیم یا غیرمستقیم تقاضا را برای انرژی در بخش‌های تولیدی و مصرفی افزایش دهد. سازوکار اثرگذاری این پدیده نیز از طریق تأثیر بهبود کارایی بر قیمت مؤثر یا ضمنی انرژی است. به دنبال افزایش القایی در تقاضای انرژی، بخشی از کاهش مورد انتظار در مصرف انرژی خنثی می‌شود و حتی در حالت اثرات معکوس، افزایش تقاضای القایی بیش از کاهش مورد انتظار اولیه خواهد بود. اهمیت بالقوه‌ی بررسی اثرات بازگشتی در سطح کلان از آن‌جا نشأت می‌گیرد که وجود این اثر تا حدودی منافع حاصل از بهبود کارایی را کاهش داده و چه بسا اثربخشی چنین سیاست‌هایی را تحت الشعاع قرار دهد.

تحلیل اثرات بازگشتی، به ویژه در سطح کلان 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. (ترنر، 2009؛ سیسین<sup>4</sup>، 2006؛ لورنتز و ورسدورفر<sup>5</sup>، 2009)

1- Rebound Effects.

2- Backfire Effect.

3- Turner.

4- Sissine.

5- Lorentz & Woersdorfer.

هدف اصلی این مقاله بررسی نظری و استخراج عوامل مؤثر بر شدت اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصارف برق و همچنین اندازه‌گیری اثرات بازگشتی در اقتصاد ایران در چارچوب یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر می‌باشد.

به منظور سهولت و به تبعیت از سایر مطالعات انجام شده در قالب الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر (CGE)<sup>1</sup>، بهبود کارایی به صورت یک ضریب برون زایی که نشان‌دهنده‌ی تغییرات کارایی است، در الگو، اعمال و میزان اثرات بازگشتی ناشی از آن اندازه‌گیری می‌شود.<sup>2</sup> بدین ترتیب، بهبود کارایی لزوماً ناشی از اعمال یک سیاست خاص نبوده و ضرورتی برای مدل‌سازی روابط میان تأمین مالی و فرایند نوآوری و بهبود کارایی نخواهد بود و بدین ترتیب هزینه‌های لازم برای بهبود کارایی در مدل در نظر گرفته نخواهد شد.

بخش دوم مقاله، به مرور ادبیات موضوع در این زمینه می‌پردازد. در بخش سوم، ساختار مدل چند بخشی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر برای اقتصاد ایران که در این مقاله مورد استفاده قرار می‌گیرد، معرفی می‌شود. به علاوه، بررسی نظری تأثیر بهبود کارایی در مصارف برق بر روی تقاضای برق و تعیین عوامل مؤثر بر میزان اثرات بازگشتی نیز در این بخش ارائه می‌شود. بخش چهارم، به محاسبه‌ی اثرات بازگشتی ناشی از بهبود 10 درصدی برون‌زای کارایی در مصارف برق اختصاص یافته است. به علاوه، تحلیل حساسیت اثرات بازگشتی نسبت به تغییرات پارامتر کلیدی کشش جانشینی میان برق و سایر انواع انرژی، در این بخش ارائه شده است. بخش پایانی نیز به نتیجه‌گیری و ارائه‌ی توصیه‌های سیاستی پرداخته است.

## 2- مروری بر ادبیات موضوع

اثرات بازگشتی از آن‌جا ناشی می‌شود که بهبود در کارایی استفاده از انرژی، موجب کاهش قیمت‌های مؤثر<sup>3</sup> و قیمت‌های واقعی انرژی و به دنبال آن وقوع اثرات جانشینی مثبت، اثرات درآمدی، اثر محصول (رقابت‌پذیری) و اثر ترکیب (مصرف) می‌شود. (ترنر، 2009)

1- Computable General Equilibrium.

2- برای نمونه‌ی رجوع کنید به مطالعه (Grepperud & Rasmussen 2004).

3- قیمت انرژی به ازای هر واحد تولید یا مصرف.

به طور دقیق‌تر، اثرات 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. به طور خلاصه، اثرات بازگشتی، منعکس‌کننده ی اختلاف میان صرفه‌جویی بالقوه و بالفعل در مصرف انرژی است. هر چند نظریه‌ی اقتصاد و مطالعات بلندمدت تاریخی مؤید وجود اثرات بازگشتی است، ولی میزان این اثرهم‌چون سایر مشاهدات تجربی در اقتصاد، مناقشه برانگیز بوده است. مطالعات تجربی در زمینه ی اثرات بازگشتی جهت استفاده در سیاست‌گذاری انرژی در دهه‌ی 1970 (بروکز<sup>1</sup>، 1978؛ خازوم<sup>2</sup> 1980؛ هانون<sup>3</sup>، 1975) و در پس آن در دهه‌ی 1980 با تأکید بر ملاحظات زیست محیطی (کیپین و کتس<sup>4</sup>، 1988؛ بروکز، 1990)، مورد توجه اقتصاددانان قرار گرفت.

اثرات بازگشتی مستقیم<sup>5</sup>، ابتدا توسط خازوم در سال 1980، مطرح و از آن زمان مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. (گرینینگ و همکاران<sup>6</sup>، 2000) حتی اگر فرض کنیم برای انرژی خاصی، اثر بازگشتی مستقیم وجود نداشته باشد، باز هم دلایلی وجود دارد که سبب می‌شود کاهش مصرف انرژی در سطح کل اقتصاد، کم‌تر از میزانی باشد که در ابتدا پیش‌بینی شده است، به این پدیده اثرات بازگشتی غیرمستقیم<sup>7</sup> غیرمستقیم<sup>7</sup> گفته می‌شود. مجموع اثرات بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم ناشی از بهبود کارایی را اثرات بازگشتی کل می‌نامیم که مقدار آن به اندازه، ماهیت و نوع بهبود کارایی بستگی دارد. (هرینگ و سورل<sup>8</sup>، 2009)

اثرات بازگشتی را می‌توان در چارچوب نظریه‌ی تعادل عمومی به خوبی مورد ارزیابی قرار داد. اثرات بازگشتی عموماً از مؤلفه‌های ذیل تشکیل می‌شود: (هرینگ و سورل، 2009؛ ترنر، 2009)

- 
- 1- Brookes.
  - 2- Khazoom.
  - 3- Hannon.
  - 4- Keepin & Kats.
  - 5- Direct Rebound Effects.
  - 6- Greening et al.
  - 7- Indirect Rebound Effects.
  - 8- Herring & Sorrell.

- 1- اثرات جانمایی: بهبود کارایی انرژی سبب می‌شود قیمت انرژی نسبت به قیمت سایر نهاده‌ها کاهش یابد و این مسأله موجب جانمیین شدن نهاده‌ی انرژی به جای سایر نهاده‌ها خواهد شد.
- 2- اثرات درآمدی: کاهش قیمت انرژی سبب افزایش درآمد می‌شود که این امر مصرف هم‌هی کالاها را متأثر می‌کند.
- 3- اثرات رقابت‌پذیری (محصول)<sup>1</sup>: کاهش قیمت انرژی ناشی از بهبود کارایی، موجب کاهش هزینه‌های تولید کالاهای انرژی‌بر می‌شود. این امر به نوبه‌ی خود افزایش تقاضای این کالاها و بالطبع افزایش تقاضای انرژی را به دنبال دارد.
- 4- اثرات ترکیب<sup>2</sup>: تغییر در انتخاب نهاده در سطح تجمیع‌شده، به دلیل منفعت محصولات انرژی‌بر از کاهش قیمت مؤثر/ واقعی انرژی، افزایش مصرف را به دنبال خواهد داشت.
- دو اثر نخست، که غالباً اثرات بازگشتی مستقیم نامیده می‌شود، از نوع اثرات خرد بوده که در سطح بنگاه‌ها و خانوارها رخ می‌دهد. این در حالی است که دو اثر اخیر اثرات کلان بوده و از تعامل میان گروه‌های مختلف تولیدکننده و مصرف‌کننده در اقتصاد ناشی می‌شود. (هرت ویچ<sup>3</sup>، 2005)
- وجود اثرات بازگشتی سبب می‌شود تا بخشی از کاهش تقاضای ناشی از بهبود کارایی انرژی خنثی شود و چه بسا در صورتی که این اثرات به قدر کافی قوی باشد، کارایی انرژی اثرات کاملاً معکوسی بر تقاضای انرژی به جا بگذارد. بدین ترتیب، در این جا سه حالت متصور خواهد بود:
1. اثرات بازگشتی منفی باشد، به طوری که کاهش نهایی در استفاده از منابع انرژی بیش از میزان کاهش مورد انتظار اولیه باشد. این حالت غیرمتداول بوده و تنها در شرایط خاصی رخ می‌دهد.
  2. اثرات بازگشتی بین صفر تا 100 درصد باشد، به طوری که کاهش نهایی در استفاده از منابع انرژی کم‌تر از میزان کاهش مورد انتظار اولیه باشد. بیش‌تر مطالعات تجربی مؤید این حالت است.

1- این اثر به عنوان اثر ثانویه و یا اثر داده - ستانده نیز شناخته می‌شود.

2- این اثر به عنوان اثر تعدیل مقداری و قیمتی برای تسویه‌ی بازار نیز شناخته می‌شود.

3. اثرات بازگشتی بیش از 100 درصد باشد، به طوری که کاهش نهایی در استفاده از منابع انرژی منفی باشد. این حالت به پارادوکس جونز<sup>1</sup> معروف است و گاهی نیز به عنوان اثر معکوس شناخته می‌شود. در این حالت بهبود کارایی انرژی نه تنها کاهش مصرف انرژی را به دنبال نخواهد داشت، بلکه موجب افزایش مصرف انرژی نیز خواهد شد.

تحلیل اثرات بازگشتی بسیار پیچیده و چالش برانگیز است، چرا که این اثرات به گونه‌ای اغلب روابط حاکم بر اقتصاد، شامل عکس‌العمل‌های ساده تقاضا نسبت به تغییرات قیمت و درآمد و جنبه‌های پویای فرایند تعدیل را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وجود اثرات بازگشتی، ملاحظات و ابهاماتی را در خصوص مفید بودن سیاست‌های بهبود کارایی انرژی به دنبال داشته است. این ادعا که بهبود کارایی انرژی منجر به کاهش مصرف ملی انرژی می‌شود، برای اولین بار توسط بروکز (1979) و خازوم (1980) مطرح شده است. بهبود کارایی انرژی، هزینه‌ی نهایی انرژی را کاهش داده و منجر به افزایش تقاضا می‌شود. از این رو کاهش در تقاضای انرژی، کم‌تر از میزان مورد انتظار خواهد بود. بروکز (1978; 2000)، معتقد است بهبود کارایی انرژی منجر به رشد اقتصادی می‌شود، که به نوبه‌ی خود افزایش در تقاضای انرژی را نتیجه می‌دهد. ساندرز<sup>2</sup> (1992)، یک مدل نظری برای تحلیل این اثرات ارائه کرده است. مجموعه‌ی این مقالات چارچوبی را فراهم می‌آورد که در ضمن آن می‌توان سازوکارهای تأثیرگذاری اثرات بازگشتی و نیز اندازه‌ی این اثرات را مورد بررسی قرار داد.

برخی از مطالعات به بررسی تأثیرات بهبود کارایی بر اقتصاد در چارچوب مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر (CGE) پرداخته‌اند. سمبوجا<sup>3</sup> (1994) و هانلی<sup>4</sup> (2006)، اثرات بازگشتی را با استفاده از یک مدل CGE به صورت سیستمی برآورد کرده‌اند. آن‌ها در مقالات خود در هر دو سناریو اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در استفاده از انرژی در بخش‌های تولیدی و بهبود کارایی در استفاده از انرژی در بخش مصارف نهایی را بیش از 100 درصد تخمین زده‌اند. دافورناد<sup>5</sup> (1994) نیز با استفاده از یک مدل CGE، به محاسبه‌ی میزان اثرات بازگشتی بهبود کارایی در اجاق‌های سنتی با سوخت

1- Jevons Paradox.

2- Saunders.

3- Semboja.

4- Hanley.

5- Dufournaud.



چوب پرداخته است. مطالعات ویکستروم<sup>1</sup> (2004)، واشیدا<sup>2</sup> (2004) و گرپراد و راسموسن<sup>3</sup> (2004) در مورد اثرات بازگشتی بهبود کارایی در استفاده از نهاده‌ی انرژی که با استفاده از مدل‌های CGE انجام گرفته، حاکی از آن است که میزان این اثرات به برخی از ویژگی‌های مدل از جمله کشش‌های جانشینی به ویژه میان انرژی - ارزش افزوده و نیروی کار - سرمایه بستگی دارد. آلن<sup>4</sup> (2007) نیز در کار مشابهی با استفاده از مدل CGE، به محاسبه‌ی اثر بازگشتی در اقتصاد انگلستان پرداخت. نوآوری مدل وی از آن است که تشکیل سرمایه‌ی ثابت در بخش انرژی قابل تعدیل بوده و از این رو از امکان محاسبه‌ی اثرات بازگشتی به تفکیک کوتاه‌مدت و بلندمدت برخوردار است.

### 3- ساختار الگوی پیشنهادی

#### 3-1- ویژگی‌های مدل تعادل عمومی

همان‌گونه که مطرح شد، از آن جا که اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی تنها به اثرات جانشینی و درآمدی کاهش قیمت مؤثر انرژی محدود نمی‌شود، در صورت استفاده از چارچوب مدل‌های تعادل جزئی، اثرات بازگشتی غیرمستقیم مورد غفلت قرار خواهد گرفت. مدل‌های تعادل عمومی قادرند تمامی مؤلفه‌های اثرات بازگشتی را لحاظ کنند، از این رو برای اندازه‌گیری میزان اثرات بازگشتی کل مناسب‌تر به نظر می‌رسند. مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر برای ارزیابی سیاست‌های انرژی و زیست‌محیطی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر چند این مدل‌ها با ایراداتی چون انعطاف ناپذیری در ساختار مدل مواجه‌اند، اما به خوبی می‌توانند شرایط بسیار پیچیده دنیای واقعی را منعکس کنند.

مدل‌های CGE به‌گونه‌ای کالیبره می‌شوند که ویژگی‌های رفتاری و ساختاری یک اقتصاد را به خوبی منعکس کرده و می‌توانند میزان اثرات بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم ناشی از بهبود کارایی انرژی را نشان دهند. میزان اثرات بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم در کشورهای مختلف با توجه به تفاوت در ویژگی‌های ساختاری آن‌ها، که

1- Vikstrom.

2- Washida.

3- Grepperud & Rasmussen.

4- Allan.

به ویژه در کشش‌های جانشینی تبلور می‌یابند، می‌تواند متفاوت باشد. کشش‌های جانشینی میان نهاده‌ها می‌تواند تأثیر زیادی بر میزان اثرات بازگشتی داشته باشد. از این رو لازم است در مدل CGE طراحی شده، تحلیل حساسیت نتایج نسبت به کشش جانشینی برق و انرژی‌های فسیلی مورد توجه قرار گیرد.

در مدل تعادل عمومی مورد استفاده در این مقاله، اقتصاد ایران یک اقتصاد باز و کوچک فرض می‌شود. توابع تولید و مصرف از نوع توابع دارای کشش جانشینی ثابت<sup>1</sup> (CES) و با ساختار لایه‌ای<sup>2</sup> در نظر گرفته می‌شوند.

در این مدل، اقتصاد ایران در قالب 12 بخش تولیدی، بخش خانوار شهری، بخش خانوار روستایی، بخش دولت، بخش صادرات و بخش واردات سازمان دهی شده است. سه فرض اساسی در مدل‌های تعادل عمومی تسویه ی بازار، توازن درآمد و شرط سود صفر برای هر بخش در نظر گرفته شده است.

پس از کالیبره کردن مدل، اثرات ناشی از 10 درصد بهبود در کارایی نهاده ی برق در همه ی بخش‌های تولیدی و مصرفی به کمک این مدل مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد. فرض بر آن است که بهبود کارایی از نوع برون‌زا بوده و هزینه‌ای به همراه ندارد.

## 2-3- ساختار کلی الگوی پایه ی مورد استفاده

### 1-2-3- ساختار تولید

رفتار تولیدکننده در اقتصاد به صورت فرم‌های تابعی لایه‌ای با کشش جانشینی ثابت<sup>3</sup> (NCES) و نیز بازده به مقیاس ثابت در نظر گرفته شده است. تولیدکننده، نیروی کار و سرمایه را با انرژی و سایر نهاده‌های واسطه‌ای ترکیب و محصول یا محصولاتی را تولید، می‌کند. این ترکیب با کشش‌های جانشینی و سهم هر عامل در تولید، توصیف می‌شود.

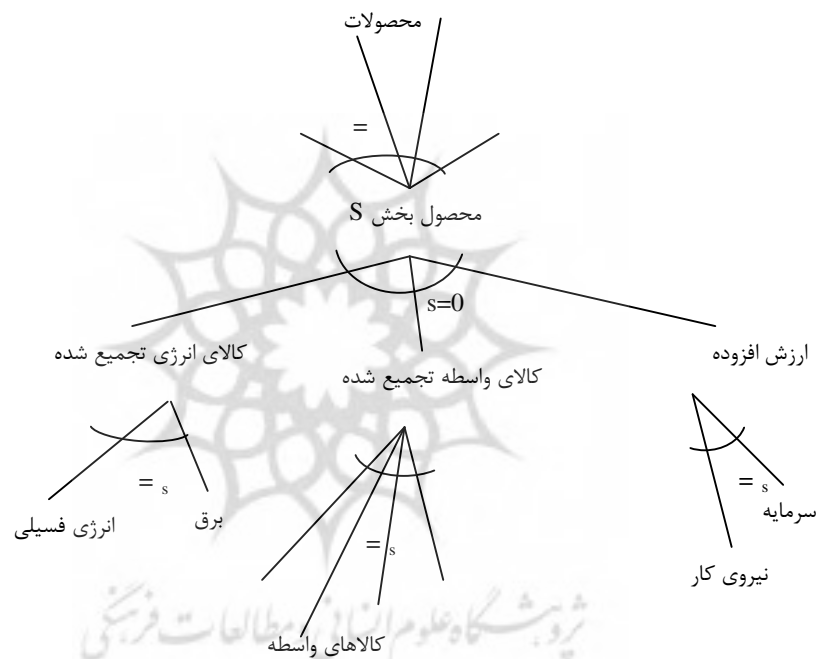
در مدل مورد استفاده، بخش تولید به 12 زیر بخش تولیدی شامل زیربخش‌های نفت و گاز، ذغال سنگ و لیگنیت، فرآورده‌های نفتی، سنگ آهن، سنگ مس، شیشه و

1- Constant Elasticity of Substitution .

2- Nested Structure.

3- Nested Constant Elasticity of Substitution.

محصولات شیشه‌ای، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و دامداری، آب و خدمات تقسیم می‌شود. محصولات هر بخش با استفاده از نهاده‌های واسطه‌ای غیرانرژی (M)، انرژی (E)، نیروی کار (L) و سرمایه (K) تولید می‌شود. به علاوه، نهاده‌ی انرژی به نوبه‌ی خود به نهاده‌ی برق و انرژی‌های فسیلی تقسیم می‌شود. کشش جانشینی بین نهاده‌ی برق و انرژی‌های فسیلی، در انجام تحلیل‌های حساسیت، بیش از سایر پارامترها مورد توجه قرار می‌گیرد. ساختار کلی بخش تولید در مدل، در شکل (1) ارائه شده است.



منبع: فروض تحقیق

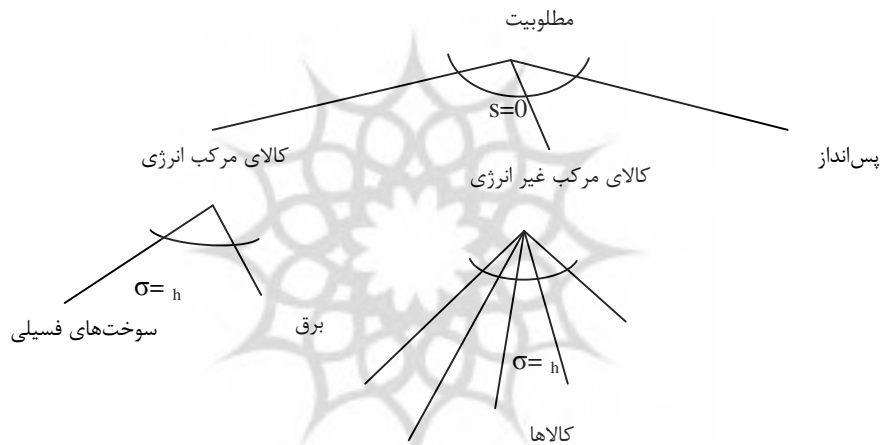
شکل 1 - ساختار تولید در الگوی پیشنهادی

محصولات تولید شده در قالب یک تابع دارای کشش تبدیل ثابت<sup>1</sup> (CET)، به عرضه‌ی داخلی و صادرات تفکیک می‌شود.

1- Constant Elasticity of Transformation.

### 2-2-3 - ساختار مطلوبیت

انتخاب میان مصرف و پس‌انداز توسط افراد از فرایند حداکثرسازی مطلوبیت به دست می‌آید. مصارف فرد به مصرف انرژی و کالاهای غیرانرژی تقسیم می‌شود. در این جا نیز مصرف انرژی به مصارف برق و سوخت‌های فسیلی دسته‌بندی می‌شود. به علاوه، فرد با نرخ برون‌زایی نیز پس‌انداز می‌کند. فرد با محدودیت بودجه مواجه بوده و فرض بر آن است که موجودی اولیه ی وی از نیروی کار و سرمایه‌ی ثابت می‌باشد. ساختار مطلوبیت در شکل (2) ارائه شده است.



منبع: فروض تحقیق

شکل 2 - ساختار تقاضا و تابع مطلوبیت

در این ساختار فرد با توجه به قید بودجه ی ثابت خود (با توجه به ثابت بودن موجودی اولیه از نیروی کار و سرمایه) و میزان ثابت پس‌انداز، مطلوبیت خود را از مصرف حداکثر می‌کند.

### 3-2-3 - فرض رقابت در الگو

در مدل پیشنهادی فرض می‌شود ساختار رقابت کامل در بازار تمامی محصولات حاکم است. بازارهای رقابتی در اقتصاد با سه شرط اساسی شناخته می‌شوند: سود صفر، توازن درآمد و تسویه ی بازار.

براساس این سه شرط، سطح فعالیت و سطح قیمت در هر یک از بازارها تعیین می‌شود. با توجه به فرض توابع تولید CES، شرط سود صفر به شکل ریاضی برای هر بخش را می‌توان به صورت معادله (1) بیان کرد:

$$\begin{aligned} \Pi^s = & \left( \sum_i \omega_i^s (P_i)^{1-\tau_s} \right)^{\frac{1}{1-\tau_s}} \\ & - \left[ \omega_f^s \left( \sum_f \theta_f^s (P_f)^{1-\lambda_s} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_s}} \right. \\ & + \omega_j^s \left( \sum_j \theta_j^s (P_j)^{1-\beta_s} \right)^{\frac{1}{1-\beta_s}} \\ & + (1 - \omega_f^s \\ & \left. - \omega_j^s) \left[ \theta_e (P_e)^{1-\delta} \right. \right. \\ & \left. \left. + (1 - \theta_e) \left( \left( \sum_{ne} \theta_{ne}^s (P_{ne})^{1-\eta_s} \right)^{\frac{1}{1-\eta_s}} \right)^{1-\delta} \right]^{\frac{1}{1-\delta}} \right] = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن  $\Pi$  نشان‌دهنده‌ی سطح سود،  $P$  سطح قیمت عوامل تولید و محصول،  $\omega$  سهم عامل تولید و محصول از کل عوامل تولید و محصولات در لایه‌ی اول،  $\theta$  سهم هر عامل تولید از عوامل تولید در لایه‌ی دوم،  $\tau_s$  کشش تبدیل،  $\lambda$  کشش جانشینی بین عوامل تولید در لایه‌ی دوم،  $\beta$  کشش جانشینی بین نهاده‌های واسطه‌ای در لایه‌ی دوم،  $\delta$  کشش جانشینی بین نهاده‌ی برق و انرژی‌های فسیلی در لایه‌ی سوم،  $\eta$  کشش

جانشینی بین انرژی‌های فسیلی در لایه‌ی چهارم،  $s$  نمایانگر بخش تولیدی،  $i$  محصولات تولیدی،  $f$  نیروی کار و سرمایه،  $z$  نهاده‌های واسطه‌ای غیرانرژی،  $e$  برق و  $ne$  سوخت‌های فسیلی می‌باشد.

هم‌چنین، تابع تجمیع‌گر آرمینگتون از یک سو، نحوه‌ی جانشینی کالاهای صادراتی با کالاهای عرضه شده در داخل و از سوی دیگر نحوه‌ی جانشینی کالاهای وارداتی با کالاهای تولید داخل را نشان می‌دهد. در این تابع، مجموع کالاهای صادراتی و کالاهای عرضه شده در داخل باید برابر مجموع کالاهای وارداتی و کالاهای تولید داخل باشد، از این رو تابع آرمینگتون تجمیع شده بر حسب قیمت برای هر بخش عبارت است از:

$$\begin{aligned} \Pi^{ar} = & \left( \mu_g^{Px} (P_x)^{1-\rho_g} + \mu_g^{Pg} (P_g)^{1-\rho_g} \right)^{\frac{1}{1-\rho_g}} - \left( \gamma_g^{Ps} (P_{sg})^{1-\varphi_g} + \right. \\ & \left. \gamma_g^{Pm} (P_m)^{1-\varphi_g} \right)^{\frac{1}{1-\varphi_g}} = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

در این رابطه،  $P_x$  قیمت کالای صادراتی،  $P_{sg}$  قیمت کالای تولید داخل،  $P_m$  قیمت کالای وارداتی،  $\mu$  سهم عرضه‌ی داخلی و صادرات،  $\gamma$  سهم تولید داخلی و واردات،  $\rho$  کشش جانشینی بین صادرات و عرضه‌ی داخلی و  $\varphi$  کشش جانشینی بین واردات و تولید داخل است.

شرط توازن درآمد که نشان‌دهنده‌ی برابری درآمد و مخارج خانوار است، به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\begin{aligned} & \left[ \omega_j^h \left( \sum_i \theta_i^h (P_i)^{1-\tau_h} \right)^{\frac{1}{1-\tau_h}} + (1 - \omega_{sa}^h - \omega_j^h) \right] \left[ \theta_e (P_e)^{1-\delta} + \right. \\ & \left. (1 - \theta_e) \left( \left( \sum_{ne} \theta_{ne}^s (P_{ne})^{1-\eta_h} \right)^{\frac{1}{1-\eta_h}} \right)^{1-\delta} \right]^{\frac{1}{1-\delta}} E_h = \sum_f W_f \cdot EN_f^h - Sa \end{aligned} \quad (3)$$

سمت چپ نشان‌دهنده‌ی مخارج خانوار (با توجه به توابع مطلوبیت CES) و سمت راست نشان‌دهنده‌ی مجموع درآمدهای خانوار است. در این روابط  $Sa$  بیانگر شاخص پس‌انداز،  $E_h$  سطح مخارج مصرفی خانوار،  $EN$  موجودی اولیه‌ی خانوار از عوامل تولید،  $\tau_h$  کشش جانشینی بین کالاهای مصرفی غیرانرژی و  $h$  نمایانگر خانوارهاست.

شرط تسویه‌ی بازار مستلزم آن است که تمامی بازارها، شامل بازار عوامل و بازار کالاها در تعادل باشند. توابع تقاضای عوامل تولید و عرضه‌ی محصول، براساس لم

شفارد<sup>1</sup>، از مشتق تابع سود نسبت به قیمت نهاده و قیمت محصول به دست می‌آید. بر این اساس، شرط تسویهی بازارهای عوامل تولید و محصولات به صورت زیر خواهد بود: شرط تسویهی بازار برای هر یک از عوامل تولید (f):

$$EN_f = \sum AL_s \frac{\partial \Pi^s}{\partial w_f} \quad (4)$$

که در آن AL بیانگر سطح فعالیت می‌باشد.

شرط تسویهی بازار برای هر یک از کالاهای مصرف شده در داخل ( $P_g$ ):

$$AL_{ar} \frac{\partial \Pi^{ar}}{\partial P_g} - \sum AL_s \frac{\partial \Pi^s}{\partial P_g} = 0 \quad (5)$$

شرط تسویهی بازار برای هر یک از کالاهای تولید شده در داخل ( $P_s$ ):

$$AL_s \frac{\partial \Pi^s}{\partial P_{s_g}} - AL_{ar} \frac{\partial \Pi^{ar}}{\partial P_{s_g}} = 0 \quad (6)$$

شرط تسویهی بازار برای هر یک از کالاهای صادر شده ( $P_x$ ):

$$AL_{ar} \frac{\partial \Pi^{ar}}{\partial P_{x_g}} - P_{x_g} \cdot XL_g = 0 \quad (7)$$

شرط تسویهی بازار برای هر یک از کالاهای وارد شده ( $P_m$ ):

$$P_{m_g} \cdot ML_g - AL_{ar} \frac{\partial \Pi^{ar}}{\partial P_{m_g}} = 0 \quad (8)$$

### 3-3- محاسبه‌ی اثرات بازگشتی در چارچوب مدل پیشنهادی

همان‌گونه که گفته شد، توابع تولید و مطلوبیت در مدل پیشنهادی از نوع کشش جانشینی ثابت (CES) در نظر گرفته شده است. از این رو نحوه‌ی ورود کارایی و بررسی نظری عوامل مؤثر بر شدت اثرات بازگشتی در بخش‌های تولیدی و مصرف، مشابه خواهد بود. به این منظور تنها به بررسی این مسأله در بخش تولیدی پرداخته می‌شود و مصرف نیز همین فرایند را خواهد داشت. بهبود کارایی برق به عنوان یک نهاده در همه‌ی بخش‌های تولیدی، سبب کاهش هزینه‌ی تولید و افزایش سطح فعالیت می‌شود. در این مدل کشش‌های جانشینی عوامل تولید در لایه‌ی اول، صفر در نظر گرفته شده است. با توجه به ساختار لایه‌ای تولید و تمرکز بر افزایش کارایی نهاده‌ی برق، می‌توان تابع تولید بخش s را به صورت زیر بیان کرد<sup>2</sup>:

1- Shephard's lemma.

2- برای اطلاعات بیش‌تر به Mysen, 1991 یا Uzawa, 1962 و یا Grepperud & Rasmussen, 2004 مراجعه کنید.

$$Q_S = Q[H(L, K), G(I), J(E, NE)] \quad (9)$$

که در آن:

$$J(E, NE) = S_{en} \left[ \theta_e \frac{1}{\alpha} E^{\frac{\delta-1}{\delta}} + (1 - \theta_e) \frac{1}{\delta} (NE)^{\frac{\delta-1}{\delta}} \right]^{\frac{\delta}{\delta-1}} \quad (10)$$

که در آن I, K, L، به ترتیب نهاده‌های نیروی کار، سرمایه و نهاده‌های واسطه‌ای بوده و  $S_{en}$  معرف سهم انرژی در تولید بخش s است. در این تابع متغیر  $\alpha$  نمایانگر شاخص کارایی و مقدار آن بزرگ‌تر یا مساوی یک است، که در حالت عدم وقوع بهبود کارایی، مقدار آن یک می‌باشد. طبعاً  $(\alpha - 1)$  نشان‌دهنده درصد افزایش کارایی است. تابع هزینه‌ی واحد به دست آمده از تابع تولید نیز به صورت زیر می‌باشد:

$$C = C[h(P_l, P_k), g(P_i), j(P_e, P_{ne})] \quad (11)$$

که در آن:

$$j(P_e, P_{ne}) = S_{en} \left[ \theta_e \left( \frac{1}{\alpha} P_e \right)^{1-\delta} + (1 - \theta_e) (P_{ne})^{1-\delta} \right]^{\frac{1}{1-\delta}} \quad (12)$$

با استفاده از لم شفارد، تابع تقاضای برق برای هر بخش به ازای هر واحد محصول به صورت زیر خواهد بود:

$$D_e = \frac{\partial c}{\partial P_e} = e \frac{1}{\alpha} S_{en} \left[ \frac{\left\{ e \left( \frac{1}{\alpha} P_e \right)^{1-\delta} + (1 - e) (P_{ne})^{1-\delta} \right\}^{\frac{1}{1-\delta}}}{\frac{1}{\alpha} P_e} \right] \\ = \theta_e \frac{1}{\alpha} S_{en} \left[ \frac{\left( \theta_e \left( \frac{1}{\alpha} P_e \right)^{1-\delta} + (1 - \theta_e) (P_{ne})^{1-\delta} \right)^{\frac{1}{1-\delta}}}{\frac{1}{\alpha} P_e} \right]^{\delta} \quad (13)$$

به کمک معادله‌ی فوق می‌توان اثر تغییرات کارایی برق ( $\alpha$ ) را بر روی تقاضای آن اندازه‌گیری کرد. طبعاً به دنبال رشد کارایی برق به میزان  $g_\alpha$ ، درصد تغییر تقاضای برق به میزان  $g_D$  خواهد بود. طبق تعریف، اثرات بازگشتی را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$R = \left( 1 + \frac{g_D}{g_\alpha} \right) \times 100 = \left( 1 + \frac{(D_e^2 - D_e^1)/D_e^1}{(\alpha_2 - \alpha_1)/\alpha_1} \right) \times 100 \quad (14)$$



با توجه به تعریف کشش، نسبت  $g^D/g_\alpha$  را به نوعی می‌توان کشش تقاضای برق نسبت به کارایی آن یا کشش کارایی تقاضای برق نامید و به اختصار آن را به صورت  $\varepsilon_\alpha$  نشان داد:

$$R = (1 + \varepsilon_\alpha) \times 100 \quad (15)$$

بر این اساس، در صورتی که بهبود کارایی انرژی سبب شود تقاضای برق به همان میزان کاهش یابد (یعنی  $\varepsilon_\alpha = -1$ )، میزان اثرات بازگشتی صفر خواهد بود. در صورتی که تقاضا کم‌تر از افزایش کارایی کاهش یابد (یعنی  $0 < \varepsilon_\alpha < -1$ )، در این صورت میزان اثرات بازگشتی بین صفر تا 100 درصد خواهد بود. سرانجام، در حالتی که بهبود کارایی برق، نه تنها تقاضای برق را کاهش نداده، بلکه موجب افزایش تقاضای برق نیز شود، مقدار اثرات بازگشتی بیش از 100 درصد شده و حالت "اثر معکوس" رخ می‌دهد.

حال می‌توان عوامل مؤثر بر اثرات بازگشتی را مورد تجزیه و تحلیل بیش‌تر نیز قرار داد. برای این منظور،  $\varepsilon_\alpha$ ، بر حسب پارامترهای مدل پیشنهادی استخراج می‌شود. از آنجایی که طبق تعریف  $\varepsilon_\alpha = \frac{\partial \log D_e}{\partial \log \alpha} = \frac{\partial D_e}{\partial \alpha} \frac{\alpha}{D_e}$  محاسبه می‌شود. برای این منظور از تابع (13) نسبت به اثر تغییرات کارایی برق ( $\alpha$ )، مشتق گرفته می‌شود:

$$\frac{\partial D_e}{\partial \alpha} = \theta_e \left( \frac{-A}{\alpha^2} \right) S_{en} C + \left( \frac{A}{\alpha} S_{en} \right) \frac{\partial C}{\partial \alpha} \quad (16)$$

که در آن عبارت C برابر خواهد بود با:

$$C = \frac{1}{\alpha} P_e^{-\delta} \left[ \theta_e \left( \frac{1}{\alpha} P_e \right)^{1-\delta} + (1 - \theta_e) (P_{ne})^{1-\delta} \right]^{\frac{\delta}{1-\delta}} \quad (17)$$

بدین ترتیب، با جای‌گذاری خواهیم داشت:

$$\varepsilon_\alpha = (\delta - 1) - \delta \theta_e C^{\frac{\delta-1}{\delta}} \quad (18)$$

همان‌گونه که معادله‌ی (18) نشان می‌دهد، کشش کارایی تقاضای برق و بالطبع میزان اثرات بازگشتی به طور عمده متأثر از کشش جانشینی میان نهاده‌ی برق و سایر انرژی‌ها و هم‌چنین سهم نهاده‌ی برق از کل انرژی‌ها در هر بخش می‌باشد.

طبق معادله‌ی (18)، اثرات بازگشتی صفر در صورتی رخ خواهد داد که:

$$\theta_e C^{\frac{\delta-1}{\delta}} = 1 \quad (19)$$

از آنجا که مقدار عبارت  $C^{\frac{\delta-1}{\delta}}$  برای  $\alpha > 1$ ، بیش از یک می‌باشد<sup>1</sup> و سهم برق از کل انرژی ( $\theta_e$ ) نیز کوچک‌تر از واحد است، این حالت خاص از امکان وقوع برخورد است. همچنین بر اساس معادله‌ی (18)، اثرات بازگشتی بزرگ‌تر یا مساوی 100 درصد، زمانی محقق می‌شود که:

$$(\delta - 1) \geq \delta \theta_e C^{\frac{\delta-1}{\delta}} \quad (20)$$

چون سمت راست نامساوی همواره بزرگ‌تر از صفر است، این شرط در صورتی امکان وقوع دارد که  $\delta > 1$  باشد، یعنی کشش جانشینی بین برق و سوخت‌های فسیلی بیش از یک باشد.

از جایگزینی معادله‌ی (18) در تساوی (14)، اثرات بازگشتی بهبود کارایی تقاضای برق به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$R = (1 + \varepsilon_\alpha) \times 100 = \left[ \delta \left( 1 - \theta_e C^{\frac{\delta-1}{\delta}} \right) \right] \times 100 \quad (21)$$

بر اساس این معادله، اثرات بازگشتی به دو عامل بستگی دارد. (1) سهم برق از کل نهاده‌ی انرژی ( $\theta_e$ )، به طوری که هر چه سهم برق از کل نهاده‌ی انرژی بزرگ‌تر باشد، شدت اثرات بازگشتی کوچک‌تر خواهد بود. (2) کشش جانشینی ( $\delta$ )، تأثیر آن بر میزان اثرات بازگشتی، نامعین می‌باشد. لازم به یادآوری است که سایر کشش‌های جانشینی و همچنین ویژگی‌های هر بخش و تعاملات بین بخش‌های مختلف نیز بر میزان اثر بازگشتی کل تأثیر دارد، که این مسأله خود را در مقدار سایر پارامترهای کشش جانشینی نشان می‌دهد.

#### 4- اجرای مدل و نتایج حاصل از آن

مدل پیشنهادی با استفاده از ماتریس داده‌های خرد طراحی شده برای وزارت نیرو، بر اساس جدول داده - ستانده سال 1380 کالیبره شده است (شاهمرادی و همکاران، 1388). لازم به ذکر می‌باشد در سناریوی مرجع، کشش جانشینی بین نهاده‌ی برق و انرژی‌های فسیلی ( $\delta$ )، برابر 0/5 در نظر گرفته شده است. به منظور اندازه‌گیری اثرات بازگشتی، فرض می‌شود بهبود کارایی، تنها برای نهاده‌ی برق به صورت برون‌زا و بدون هزینه انجام پذیرد. اثرات بازگشتی ناشی از 10 درصد بهبود کارایی برق در چارچوب

1- در این مدل‌ها در حالت اولیه،  $P_e = P_{ne} = 1$  و در نظر گرفته می‌شود.

این مدل، بر اساس معادله‌ی (14) مورد محاسبه قرار گرفته، که نتایج آن در جدول (1) گزارش شده است.

جدول 1- اثرات بازگشتی 10 درصد افزایش در کارایی نهاده‌ی برق در بخش‌های تولیدی و مصرفی

بخش	درصد	بخش	درصد
کشاورزی و دامداری	18	صنعت	9
زغال سنگ و لیگنیت	9	آب	12
نفت و گاز	24	حمل و نقل	22
سنگ آهن	15	خدمات	7
سنگ مس	20	خانوار روستایی	19
فرآورده‌های نفتی	0	خانوار شهری	18
ساخت شیشه و محصولات شیشه‌ای	20		

منبع: محاسبات تحقیق

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، شدت اثرات بازگشتی در بخش‌های مختلف اقتصادی متفاوت می‌باشد. در بخش‌های تولیدی انرژی بر، مانند حمل و نقل، نفت و گاز و محصولات شیشه‌ای، اثرات بازگشتی بیش از 20 درصد است. طبعاً، در این بخش‌ها قسمتی از اثرات بهبود کارایی بر روی کاهش تقاضا، به دلیل اثرات بازگشتی خنثی می‌شود. در این سناریو، تنها در بخش تولید فرآورده‌های نفتی، اثرات بازگشتی رخ نمی‌دهد. باید توجه داشت که نتایج ذکر شده برای افزایش کارایی در استفاده از نهاده‌ی برق به میزان 10 درصد می‌باشد. شدت این اثر، به دلیل تعاملات متفاوت بین بخش‌های مختلف اقتصادی، با تغییر میزان بهبود کارایی تغییر خواهد کرد.

میزان اثرات بازگشتی کل تحت سناریوی مورد اشاره،  $14/2$  درصد محاسبه شده است، بدین مفهوم که بهبود 10 درصدی کارایی برق، سبب کاهش حدود  $8/6$  درصد در تقاضای برق می‌شود. این امر به نوبه‌ی خود  $3/8$  درصد افزایش در صادرات برق را به دنبال دارد. هم‌چنین بر اساس نتایج حاصل از اجرای مدل، رفاه خانوارهای روستایی و شهری به دنبال بهبود کارایی برق، به میزان  $0/6$  درصد افزایش می‌یابد.

چه بسا پارامتر کشش جانشینی بین نهاده‌ی برق و انرژی‌های فسیلی اثرات معناداری بر میزان اثرات بازگشتی کل داشته باشد. برای اطمینان، به تحلیل حساسیت نتایج به دست آمده نسبت به تغییرات این پارامتر پرداخته می‌شود. نتایج این تحلیل حساسیت در جدول 2 نشان می‌دهد که، با تغییر کشش جانشینی مورد نظر در دامنه‌ی 0/1 تا 0/9، میزان اثرات بازگشتی کل از 11/6 درصد تا 14/4 درصد نوسان می‌کند، که چندان قابل اعتنا نمی‌باشد. تأثیر تغییرات کشش جانشینی موصوف بر صادرات برق و رفاه خانوارها نیز در جدول (2) گزارش شده است.

جدول 2 - تحلیل حساسیت اثرات بازگشتی نسبت به کشش جانشینی نهاده‌ی برق و انرژی‌های فسیلی

متغیر/کشش جانشینی	---	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5	0/6	0/7	0/8	0/9
میزان کل اثر بازگشتی	(درصد)	11/6	13/4	14/4	14/4	14/2	13/8	13/4	13	12/8
صادرات برق	(درصد)	5	4/4	4	3/9	3/8	3/7	3/7	3/6	3/6
رفاه خانوار روستایی	(درصد)	0/2	0/5	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/5	0/5
رفاه خانوار شهری	(درصد)	0/9	0/8	0/8	0/7	0/6	0/5	0/4	0/3	0/3

منبع: محاسبات تحقیق

## 5 - نتیجه‌گیری و توصیه‌ی سیاستی

این مقاله به بررسی اثرات بهبود برون‌زای کارایی برق به میزان 10 درصد، در استفاده از برق در همه‌ی بخش‌های تولیدی و مصرف پرداخته است. بحث اصلی در زمینه‌ی کارایی برق معطوف به بحث اثر بازگشتی است: کاهش اولیه در مصرف برق به دنبال افزایش کارایی، تا چه اندازه خنثی می‌شود؟ برای محاسبه‌ی اثرات بازگشتی از یک مدل تعادل عمومی 12 بخشی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد بهبود کارایی برق تا اندازه‌ای کاهش قیمت آن را در پی دارد که به نوبه‌ی خود افزایش القایی در مصرف برق را موجب شده و بدین ترتیب بخشی از کاهش مصرف اولیه را خنثی کرده است. براساس تحلیل نظری ارائه شده در مقاله، شدت اثرات بازگشتی، به پارامترهای مدل، هم چون کشش جانشینی نهاده‌ی برق و انرژی‌های فسیلی و ویژگی‌های

بخش‌های مختلف تولیدی بستگی دارد. به علاوه، نتایج تجربی حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که بخش‌های تولیدی انرژی بر مانند حمل و نقل، نفت و گاز و محصولات شیشه‌ای با شدت اثرات بازگشتی بیش‌تری مواجه می‌شوند و تنها در بخش تولید فرآورده‌های نفتی اثرات بازگشتی رخ نمی‌دهد. میزان اثرات بازگشتی کل نیز 14/2 درصد برآورد شده است. هم‌چنین رفاه خانوارهای روستایی و شهری با بهبود 10 درصدی کارایی برق، به میزان 0/6 درصد افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت حاکی از آن است که با تغییر کشش جانشینی مورد نظر در دامنه‌ی 0/1 تا 0/9، نوسانات میزان اثرات بازگشتی کل چندان قابل توجه نمی‌باشد.

بر اساس یافته‌های این تحقیق، توصیه می‌شود سیاست‌گذاران انرژی کشور در تدوین راهبردهای بهینه‌سازی تولید و مصرف انرژی، اثرات بازگشتی و رفاهی مترتب بر آن را مد نظر قرار داده و متناسب با آن، نوع ابزارهای سیاستی و گستره‌ی اجرای آن را انتخاب کنند. طبعاً در بخش‌هایی چون بخش نفت و گاز، حمل و نقل و هم‌چنین بخش خانوارهای روستایی و شهری که با اثرات بازگشتی بالایی مواجه‌اند، در طراحی سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی صرفه‌جویی انرژی و بهبود کارایی باید دقت نظر بیش‌تری انجام گیرد و ترکیب سیاست‌های حمایت از بهینه‌سازی مصرف انرژی به‌گونه‌ای انتخاب شود که اثر بازگشتی کم‌تری به همراه داشته باشد. از سوی دیگر به نظر می‌رسد در بخش‌هایی چون بخش فرآورده‌های نفتی، خدمات و هم‌چنین صنعت، که با اثرات بازگشتی به نسبت کوچکی مواجه‌اند، اثر سیاست‌های قیمتی در تشویق صرفه‌جویی انرژی و بهبود کارایی در نتیجه‌ی اثرات بازگشتی به نسبت کم‌تری خنثی شده و این سیاست‌ها کارایی خود را حفظ کنند، از این رو استفاده‌ی گسترده‌تر از این سیاست‌ها در این بخش‌ها توجیه می‌شود.

#### فهرست منابع

- شاهمرادی، اصغر، حقیقی، ایمان، زاهدی، راضیه، آقابائی، محمد ابراهیم (1388)، تحلیل تأثیر سیاست‌های قیمتی در بخش‌های اقتصادی (با تمرکز بر آب و انرژی): رویکرد تعادل عمومی محاسبه‌پذیر، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی وزارت نیرو، ایران.
- شرکت توانیر (1386)، خلاصه‌ی گزارش عملکرد شبکه‌ی تولید و انتقال، شرکت مدیریت شبکه‌ی برق ایران.

وزارت نیرو (1387)، آمار و نمودارهای انرژی در ایران و جهان 1386-2007، وزارت نیرو.

Allan, G. , N. Hanley, P. G. McGregor, J. Kim Swales, K. Turner, (2007). 'The Impact of Increased Efficiency in the Industrial Use of Energy: A Computable General Equilibrium Analysis for the United Kingdom', *Energy Economics*, 29, 779-798.

Bhattacharyya, S. C. (1996). 'Applied General Equilibrium Models for Energy Studies: A Survey', *Energy Economics*, 18, 145-64 .

Birol F. ; Keppler J. H. (2000). 'Prices, Technology Development and the Rebound Effects', *Energy Policy* 28, 457-469 .

Brookes, L. G. (1990). 'The Greenhouse Effect: the Fallacies in the Energy Efficiency Solution', *Energy Policy*, 18 (2), 199–201 .

Brookes, L. G. (1978). 'Energy Policy, the Energy Price Fallacy and the Role of Nuclear Energy in the UK', *Energy Policy*, 6 (2), 94-106 .

Brookes, L. G. (2000). 'Energy Efficiency Fallacies Revisited', *Energy Policy*, 28 (6-7), 355-66 .

Dimitropoulos, J. (2007). 'Energy Productivity Improvements and the Rebound Effect- An Overview of the State of Knowledge', *Energy Policy*, 35, 6354–6363 .

Dufournaud, Christian M. & Quinn, John T. , Harrington, Joseph J.(1994). 'An Applied General Equilibrium (AGE) Analysis of A Policy Designed to Reduce the Household Consumption of Wood in the Sudan', *Resource and Energy Economics*, Vol. 16, (1), 67-90 .

Ghazizadeh, M. S. ; Sheikh-El-Eslami, M. K. ; Seifi, H. (2007). 'Electricity Restructuring', *Power and Energy Magazine*, IEEE. Vol. 5 (2), 16-20 .

Gottron, F. (2001). 'Energy Efficiency and the Rebound Effect: Does Increasing Efficiency Decrease Demand? ', *CRS Report for Congress*, Order Code RS20981 .

Greening, L. A. , D. L. Greene, and C. Difiglio, (2000). 'Energy Efficiency and Consumption – the Rebound Effect - A Survey', *Energy Policy*, 28 (6-7), 389-401 .

Grepperud, S. & Rasmussen, I. (2004). 'A General Equilibrium Assessment of Rebound Effects', *Energy Economics*, 26 (2), 261–282 .

Hanley, N. D. , McGregor P. G. , Swales J. K. , Turner K. (2006). 'The Impact of a Stimulus to Energy Efficiency on the Economy and the Environment: A Regional Computable General Equilibrium Analysis', *Renewable Energy*, 31, 161-171 .

Hannon, B. , (1975). 'Energy Conservation and the Consumer', *Science*, 189, 95-102 .

Henly, J. , H. Ruderman, and M. D. Levine, (1988). 'Energy Savings Resulting from the Adoption of More Efficient Appliances: A Follow-Up', *Energy Journal*, 9 (2), 163-70 .

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

Hertwich, G. (2005). 'Consumption and the Rebound Effect', Massachusetts Institute of Technology and Yale University, Volume 9, No. 1–2 .

Keepin, B. , Kats, G. (1988). 'Greenhouse Warming, Competitive Analysis of Nuclear and Efficiency Abatement Strategies', *Energy Policy*, Vol. 16, (6), 538-561 .

Khazzoom, J. D. (1980). 'Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances', *Energy Journal*, 1 (4), 21-40 .

Khazzoom, J. D. (1987). 'Energy Savings Resulting from the Adoption of More Efficient Appliances'. *Energy Journal*, 4, 85-89 .

Lorentz, A. & Woersdorfer, J. (2009). 'Energy-Efficient Household Appliances and the Rebound Effect - A Model on the Demand for Washing Machines', working paper on 8th International Conference of the European Society for Ecological Economics .

Lovins, A. B. , J. Henly, H. Ruderman, and M. D. Levine, (1988). 'Energy Saving Resulting from the Adoption of More Efficient Appliances: Another View; A Follow-Up', Energy Journal, 9 (2), 155 .

Saunders, H. D. (1992). 'The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth', Energy Journal, 13 (4), 131 .

Semboja, Haji Hatibu Haji, (1994). 'the Effects of Energy Taxes on the Kenyan Economy: A CGE Analysis', Energy Economics, Volume 16, (3), 205-215 .

Sissine, F. (2006). 'Energy Efficiency Policy: Budget, Electricity Conservation, and Fuel Conservation Issues', CRS Report for Congress, Order Code RL33599 .

Turner, K. (2009). 'Negative Rebound and Disinvestment Effects in Response to An Improvement in Energy Efficiency in the UK Economy'. Energy Economics. 31, (5), 648-666 .

Vikström, P. (2004). 'Energy Efficiency and Energy Demand: A Historical CGE Investigation on the Rebound Effect in the Swedish Economy 1957'. Umeå University. Umea, Sweden .

Washida, T. (2004). 'Economy-Wide Model of Rebound Effect for Environmental Efficiency', International Workshop on Sustainable Consumption, University of Leeds .

Wirl, F. (1997). 'The Economics of Conservation Programs', Kluwer, Dordrecht .





پښتونستان د علومو او انساني مطالعاتو فریښتی  
پرتال جامع علوم انسانی