بررسی اثر صرفه‌جویی در مصرف برق بر بازار نهاده‌های تولید با استفاده از یک الگو تعادل عمومی

ایمان حقیقی | haqiqi@ses.ac.ir
دکتری علوم اقتصادی

داود منظور | manzoor@isu.ac.ir
دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه امام صادق(ع)

محمدابراهیم آقابابائی | aghababaei@ut.ac.ir
دانشجوی دکتری علوم اقتصادی دانشگاه تهران

دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۱۲ | پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۰۸

چکیده: هدف اصلی این مقاله ارائه یک الگو برای بررسی اثر «خروج سرمایه» در صنعت برق با فرض بهبود کارایی در مصرف برق می‌باشد. برای این تحلیل از یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر برای اقتصاد ایران استفاده می‌شود. از ویژگی‌های خاص این الگو می‌توان به فرض قیمت ثابت در مورد برق، بازار کار ناهمگن، چسبندگی دستمزدها و فرض جانشینی ناقص سرمایه بین بخش‌های مختلف اشاره کرد. بر اساس نتایج این مطالعه با ده درصد بهبود در کارایی مصرف برق در اقتصاد، بخش برق با خروج سرمایه و نیروی کار به ترتیب به میزان ۹/۵۳ و ۹/۴۸ درصد مواجه خواهد شد. در تعادل نهایی، بخش خدمات، صنایع و کشاورزی به ترتیب بیشترین سهم را در پذیرش نیروی کار و سرمایه خارج شده از بخش برق به خود اختصاص می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: صرفه‌جویی، برق، خروج سرمایه، جریان نیروی‌کار، تعادل عمومی محاسبه‌پذیر

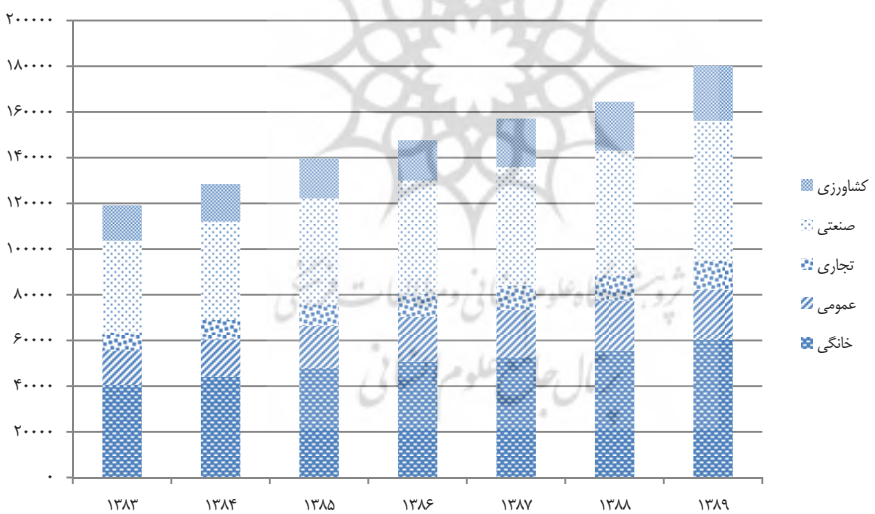
طبقه‌بندی JEL: C68, D12

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه
سال هفدهم | شماره ۴ | زمستان ۱۳۹۱ | ص ص ۴۴-۲۵
شاپا (چاپی) ۹۰۹۲-۲۲۵۱ | نمایه در ISC

مقدمه

ایران از لحاظ مصرف انرژی به منظور تولید کالاها و خدمات وضعیت مطلوبی نداشته و جزو کشورهای با شدت انرژی بسیار بالا محسوب می‌شود. شدت مصرف نهایی انرژی در کشور نه تنها در مقایسه با کشورهای نفت‌خیز بسیار بالاتر، بلکه از برخی مناطق نظیر آمریکای شمالی، آفریقا و خاورمیانه نیز بیشتر است. در سال ۲۰۰۹ در سطح جهان، به طور متوسط برای تولید یک میلیون دلار ارزش افزوده ۱۱۸ تن معادل نفت خام انرژی مصرف شده است، در حالی‌که این رقم در ایران بیش از دو برابر مقدار متوسط جهانی است.

در سال ۱۳۸۹ کل فروش برق وزارت نیرو و صنایع بزرگ در حدود ۱۸۸ هزار گیگاوات ساعت بوده است که نسبت به سال ۱۳۸۸ در حدود ۰/۸ درصد رشد داشته است. در این بین سهم بخش خانگی ۳۳/۱ درصد، بخش صنعتی ۳۳/۲ درصد، سهم بخش کشاورزی و عمومی به ترتیب ۱۳/۱ و ۱۱/۶ درصد از مصرف برق کل کشور بوده است.[۱]



نمودار (۱): مصرف برق در بخش های مختلف تامین شده توسط وزارت نیرو(گیگا وات ساعت)
منبع: ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹

بالا بودن مصرف انرژی در کشور، بهینه‌سازی مصرف انرژی به طور کلی و انرژی برقرار به طور

۱. ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹، ص ۱۶۷.

ویژه به یکی از دغدغه‌ها و نگرانی‌های اصلی سیاست‌گزاران انرژی در کشور تبدیل کرده است. اما بر اساس نظریه‌های اقتصادی انتظار می‌رود به دنبال بهینه‌سازی مصرف انرژی شاهد وقوع دو پدیده مهم مرسوم به«اثر بازگشتی[1]» و «اثر خروج سرمایه[2]» باشیم. اثر بازگشتی در واقع به معنی بازگشت (جبران) قسمتی از صرفه‌جویی انرژی است که به دلیل کاهش هزینه انرژی و افزایش مجدد تقاضای ناشی از آن ایجاد می‌شود (منظور، آقابابایی و حقیقی، ۱۳۹۰).

در این مقاله به بررسی اثرات بهینه‌سازی مصرف برق بر تخصیص بین بخشی منابع به ویژه نیروی کار و سرمایه می‌پردازیم. این مقاله به طور مشخص به معرفی اثر خروج سرمایه پرداخته است. هدف این مقاله بررسی تاثیر صرفه‌جویی در مصرف برق بر به کارگیری سرمایه و نیروی کار در صنعت برق و سایر بخش‌های اقتصادی ایران در چارچوب یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر[3] (CGE) است.

مبانی نظری و مطالعه‌های تجربی

در زمینه تحلیل اثرات صرفه‌جویی در مصرف برق بر جریان سرمایه و نیروی کار در بخش برق و عرضه بلندمدت برق دو دیدگاه مختلف مطرح شده است:

یک نظریه بیان می‌کند که صرفه‌جویی در مصرف برق در بلند مدت باعث افزایش حجم سرمایه‌گذاری در صنعت برق می‌شود. در بلندمدت بهینه‌سازی مصرف انرژی به ویژه در بخش‌های تولیدی موجب افزایش بهره‌وری نهایی عوامل تولید و در نتیجه افزایش موجودی سرمایه در همه بخش‌های اقتصاد می‌شود. افزایش فضای امکانات تولید اقتصاد و در نتیجه افزایش عرضه داخلی برق سبب می‌شود قیمت نهاده برق، کاهش یافته، تقاضای القایی جدیدی برای برق ایجاد کند که به نوبه خود افزایش سرمایه‌گذاری در بخش برق را موجب خواهد شد (بروکز[4] ۱۹۷۸، ۲۰۰۰).

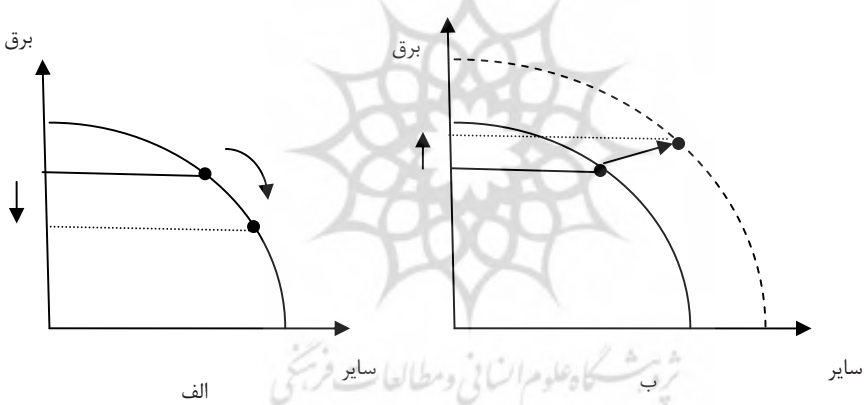
در مقابل نظریه دیگر بر کاهش حجم سرمایه در صنعت برق تاکید دارد. کاهش قیمت ناشی از کاهش تقاضای برق باعث کاهش درآمد عرضه‌کنندگان برق و افت سودآوری بخش برق می‌شود. از این رو میزان تشکیل سرمایه در بخش برق کاهش یافته، عرضه برق در بلندمدت کاهش می‌یابد. گاهی به پدیده کاهش سرمایه ثابت، «اثر کاهش سرمایه‌گذاری» گفته می‌شود. طبعاً کاهش درآمد زمانی رخ می‌دهد که کشش قیمتی تقاضای برق کوچکتر از یک باشد، که در این‌صورت درصد افزایش مقدار

1. Rebound Effect
2. Disinvestment effect
3. Computable General Equilibrium
4. Brookes

تقاضا کمتر از درصد کاهش قیمت خواهد بود (ترنر[1] ۲۰۰۹).

به نظر می‌رسد تفاوت این دو رویکرد در توجه به الگوی تخصیص منابع و همچنین زمان است. رویکرد اول نگاه بلندمدت داشته و بر این باور است که حجم سرمایه در بخش برق افزایش خواهد یافت. اما رویکرد دوم نگاه تخصیصی داشته و معتقد است سهم بخش برق در تخصیص منابع تولید در یک کشور کاهش می‌یابد.

به بیان دیگر رویکرد اول بر اثر مقیاس تمرکز دارد و رویکرد دوم بر اثر جانشینی. شکل آتی این تفاوت را نمایش می‌دهد. بدین معنی که در رویکرد اول افزایش در سرمایه‌گذاری ناشی از افزایش مقیاس کل اقتصاد است (قسمت ب شکل۲) و در رویکرد دوم کاهش در سرمایه صنعت برق ناشی از جانشینی سرمایه در بخش‌های مختلف است (قسمت الف شکل۲).



شکل(۱): اثر صرفه جویی در مصرف برق بر منحنی امکانات تولید بر اساس دو نظریه رقیب،
منبع: الگو پژوهش

در دنیا مطالعه‌های اندکی در خصوص اثر خروج سرمایه صورت پذیرفته است. اما مطالعه‌هایی را می‌توان یافت که اثرات صرفه‌جویی در مصرف انرژی را مورد بررسی قرار داده‌اند. واشیدا در سال ۲۰۰۴ اثرات اقتصادی و محیط زیستی ناشی از بهبود کارایی مصرف انرژی را مورد بررسی قرار داده است. در این مطالعه از یک الگوی تعادل عمومی ۳۳ بخشی برای اقتصاد ژاپن بهره گرفته شده است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که اندازه اثر بازگشتی و میزان تغییرهای فعالیت‌ها در بخش‌ها به

1. Turner

کشش جانشینی در فناوری تولید و همچنین کشش جانشینی در توابع مطلوبیت خانوار بستگی دارد. در این مطالعه اثر بازگشتی بین ۳۵٪ تا ۷۰٪ محاسبه شده است (واشیدا[1]، ۲۰۰۴).

مطالعه ویکستروم[2] (۲۰۰۴)، به بررسی اثرات صرفه‌جویی در مصرف انرژی و نقش آن در منحنی کوزنتز زیست محیطی[3] پرداخته است. در این مطالعه از یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر برای اقتصاد سوئد بهره گرفته شده است. هر چند در این مقاله اثر صرفه‌جویی در مصرف انرژی بر پس‌انداز، سرمایه‌گذاری و تشکیل سرمایه مدنظر بوده است اما اثر آن بر تغییرهای سرمایه بین بخش‌ها، گزارش نشده است.

اثرات ناشی از بهبود کارایی در مصرف انرژی در اقتصاد نروژ نیز مورد بررسی قرار گرفته است (گرپراد و راسموسن[4]، ۲۰۰۴). در این مطالعه از یک الگوی تعادل عمومی برای بررسی اثرات بهبود کارایی در مصرف برق و نفت استفاده شده است. هر چند این مطالعه نیز اثرات بازگشتی را تحلیل کرده اما خروج سرمایه را مورد توجه قرار نداده است.

وجه تمایز مقاله حاضر با سایر مطالعه‌ها در این است که نخست این‌که در الگو نظری، فرض ثبات انباره سرمایه و حجم نیروی کار لحاظ شده است. به عبارت دیگر اثر مقیاس کنار گذاشته شده و تمرکز بر اثر جانشینی، جریان کار و سرمایه بین بخش‌های مختلف است. دوم این‌که خروج سرمایه و نیروی کار از بخش برق در یک تحلیل ایستای مقایسه‌ای مدنظر بوده است. همچنین حساسیت نتایج به انتخاب پارامترهای جانشینی نیز محاسبه شده است.

روش پژوهش و داده‌ها

در تحلیل تاثیر بهینه‌سازی مصرف انرژی بر متغیرهای اقتصادی می‌توان از روش‌های تعادل جزئی بهره گرفت، اما این روش‌ها دارای محدودیت‌هایی هستند. در رویکرد تعادل جزئی به بازار انرژی، شرایط مربوط به سایر بخش‌های اقتصاد ثابت فرض می‌شوند. از این رو نمی‌توان همه عوامل موثر بر تخصیص سرمایه بین بخش‌های مختلف اقتصاد را تبیین کرد. اما در رویکرد تعادل عمومی، «فرض ثبات سایر شرایط» کنار گذاشته می‌شود. در رویکرد تعادل عمومی، تخصیص کار و سرمایه بین بخش‌های مختلف اقتصاد بر اساس بازدهی نسبی کار و سرمایه انجام می‌گیرد و دستمزد نیروی کار و نرخ سود سرمایه به صورت درون‌زا تعیین می‌شود. به عبارت دیگر عوامل موثر بر ورود و خروج سرمایه

1. Washida
2. Vikstrom
3. Environmental Kuznets curve
4. Grepperud& Rasmussen

به یک بخش، به صورت درون‌زا و بر اساس تعامل‌های بخش‌ها و نهادهای اقتصاد الگوسازی می‌شوند. با توجه به اینکه رویکرد تعادل عمومی نگاه جامع‌تری به متغیرها و تعامل‌های موثر در سرمایه‌گذاری دارد، به نظر می‌رسد نتایج بهتری نیز دربرداشته باشد. از این‌رو در بررسی مسئله پژوهش حاضر، از رویکرد تعادل عمومی محاسبه‌پذیر بهره گرفته‌ایم.

ویژگی‌های الگو پژوهش

در الگو تعادل عمومی مورد استفاده در این مقاله، اقتصاد ایران یک اقتصاد باز و کوچک در اقتصاد جهانی فرض می‌شود. توابع تولید و مصرف از نوع توابع دارای کشش جانشینی ثابت[1] (CES) و با ساختار لایه‌ای[2] در نظر گرفته می‌شوند. سه فرض اساسی در الگوهای تعادل عمومی شامل تسویه بازار، توازن درآمد و شرط سود صفر در نظر گرفته شده است. از ویژگی‌های خاص الگوی پژوهش حاضر می‌توان به فرض قیمت ثابت در بازار برق، بازار کار ناهمگن، چسبندگی دستمزدها و فرض جانشینی ناقص سرمایه در بخش‌های مختلف اشاره نمود.

پس از کالیبره کردن الگو، اثرات ناشی از ده درصد صرفه‌جویی در مصرف برق، بر پرداختی به سرمایه و هم‌چنین ورود و خروج سرمایه و نیروی کار در همه بخش‌های تولیدی مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد. فرض بر آن است که بهبود کارایی در این الگو برون‌زا بوده و هزینه‌ای به همراه ندارد.

مطالعه‌ها نشان می‌دهند که کشش‌های جانشینی میان نهاده‌های تولید ممکن است بر نتایج حاصل از این الگوها تاثیر داشته باشد. از این‌رو در جهت اعتبارسنجی نتایج حاصل شده لازم است حساسیت نتایج نسبت به انتخاب کشش جانشینی میان نهاده‌های مورد تحلیل قرار گیرد. در همین راستا نتایج پژوهش حاضر بر اساس سه کشش جانشینی متفاوت مورد محاسبه قرار گرفته است.

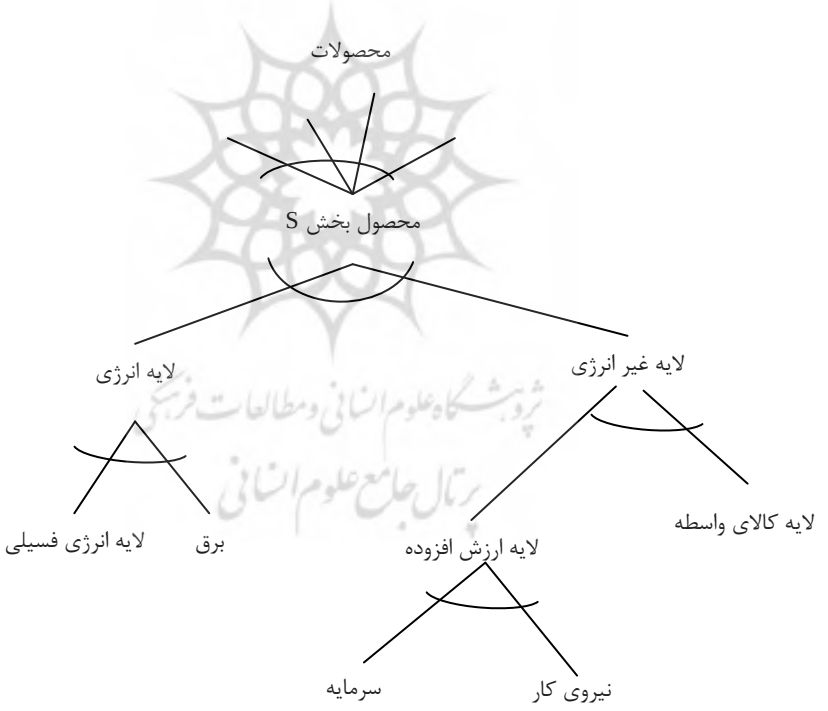
ساختار کلی الگوی پایه مورد استفاده

الگو مورد استفاده در این پژوهش یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر است که مبتنی بر مطالعه شاهمرادی و همکاران (۱۳۸۹) توسعه یافته است. الگو پژوهش حاضر نسبت به مطالعه‌های گذشته در برخی از ابعاد، توسعه‌یافته که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

1. Constant Elasticity of Substitution
2. Nested Structure

ساختار تولید

رفتار تولیدکننده در اقتصاد به صورت فرم‌های تابعی لایه‌ای با کشش جانشینی ثابت[1] (NCES) در نظر گرفته شده است. محصول‌های هر بخش با استفاده از نهاده‌های واسطه‌ای غیرانرژی (M)، انرژی (E)، نیروی کار (L) و سرمایه (K) تولید می‌شود. تفاوت این مطالعه با پژوهش‌های گذشته در این است که ساختار لایه‌ای در نظر گرفته شده در این مطالعه به صورت KLM-E است. به عبارت دیگر لایه انرژی (E) به عنوان جانشینی برای مجموع سایر نهاده‌ها (KLM) در نظر گرفته شده است. این ساختار کمک می‌کند تحلیل حساسیت نسبت به کشش‌های جانشینی بین انرژی و سایر نهاده‌ها ممکن شود. به علاوه، نهاده انرژی به نوبه خود به نهاده برق و انرژی‌های فسیلی تقسیم می‌شود. ساختار کلی بخش تولید در الگو، در شکل آتی ارائه شده است.



شکل(۲): ساختار تولید در الگوی پیشنهادی

منبع: الگو پژوهش

1. Nested Constant Elasticity of Substitution

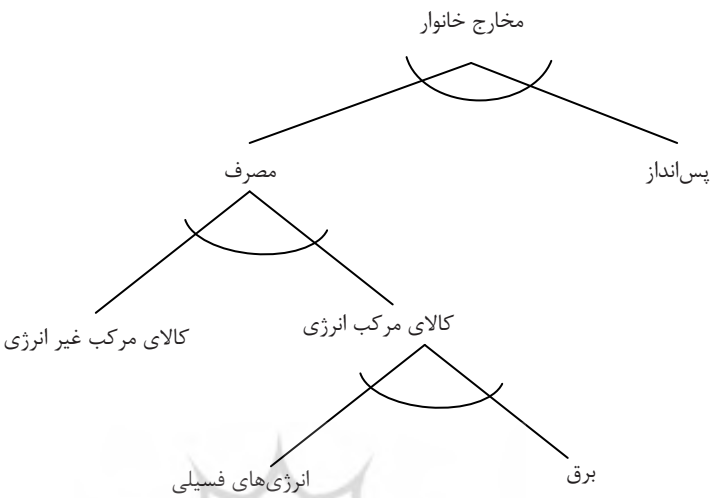
نوآوری دیگر این پژوهش در الگوسازی جابجایی ناقص نهاده‌های اولیه، بین بخش‌های مختلف است. در بسیاری از مطالعه‌های، نیروی کار و سرمایه به‌طور کامل همگن در نظر گرفته می‌شوند، لذا جابجایی سریع نیروی کار و سرمایه بین بخش‌ها ممکن است و دستمزد و بازدهی سرمایه بین بخش‌ها یکسان فرض می‌شود. در برخی دیگر از مطالعه‌های نیروی کار و سرمایه به‌طور کامل ناهمگن فرض می‌شوند و لذا هیچ‌گونه‌ای جابجایی سرمایه و نیروی کار بین بخش‌ها امکان‌پذیر نیست. در الگو این پژوهش، سعی شده است با تعریف جانشینی ناقص بین نیروی کار و سرمایه در بخش‌های مختلف، روابط الگو به واقعیت نزدیک‌تر شوند. این فرض امکان تفاوت دستمزدها و همچنین تفاوت بازدهی سرمایه در بخش‌های مختلف را فراهم می‌کند.

نکته قابل توجه دیگر اینکه تعرفه برق در ایران برای بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت، خانگی و... متفاوت است. در پژوهش حاضر برای در نظر گرفتن این تفاوت در قیمت‌ها، «قیمت‌گذاری تبعیضی» برای بازار برق الگوسازی و قیمت انرژی در بخش‌های مختلف، متفاوت در نظر گرفته شده است.

ساختار مخارج خانوار

الگوی مخارج خانوار در پژوهش حاضر شبیه به مطالعه شاهمرادی و دیگران (۱۳۸۹) در نظر گرفته شده با این تفاوت که ساختار لایه‌ای به صورت EM-S فرض شده است. به عبارت دیگر کالاهای مصرفی با پس‌انداز (S) در لایه اول ترکیب می‌شوند. سپس در لایه دوم جانشینی بین انرژی (E) و غیرانرژی (M) تعریف خواهد شد. در این ساختار مصرف فرد به مصرف انرژی و کالاهای غیرانرژی تقسیم می‌شود. مصرف انرژی نیز به مصرف برق و سوخت‌های فسیلی تقسیم می‌شود. به علاوه، فرد با نرخ برون‌زایی نیز پس‌انداز می‌کند. فرد با محدودیت بودجه مواجه بوده و فرض بر آن است که موجودی اولیه نیروی کار و سرمایه ثابت است. ساختار مخارج خانوار در شکل ۲ ارائه شده است.

در این ساختار فرد با توجه به قید بودجه 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.



شکل (۳): ساختار تقاضا و تابع مطلوبیت

منبع: الگو پژوهش

روابط ریاضی الگو تعادل عمومی

با توجه به فرض توابع تولید CES، می‌توان شرط سود صفر برای هر بخش s را به صورت معادله (۱) بیان کرد. هزینه تولید را می‌توان بر اساس ترکیب CES از انرژی (E) و سایر نهاده‌ها (KLM) نمایش داد. همچنین درآمد حاصل از تولید محصول‌ها را نیز می‌توان بر اساس یک ترکیب[1] CET از محصول‌های تولیدی یک فعالیت تدوین کرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود درآمد هر فعالیت تولیدی به صورت تابعی از قیمت هر محصول (p) تدوین شده است.

$$\pi_s = \left(\sum_i \omega_{i,s} p_i^{\,1-\tau_s} \right)^{\frac{1}{1-\tau_s}} - \left(\omega_{KLM,s} KLM^{\,1-\gamma} + \omega_{E,s} E^{\,1-\gamma} \right)^{\frac{1}{1-\gamma}} = 0 \qquad (۱)$$

$$KLM = \left\{ \omega_{f,s} KL^{1-\rho} + \omega_{m,s} M^{\,1-\rho} \right\}^{\frac{1}{1-\rho}} \qquad (۲)$$

1. Constant elasticity of transformation

$$KL = \left(\sum_{f} \theta_{f,s} p_f^{\,1-\lambda_s} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_s}} \qquad (۳)$$

$$M = \left(\sum_{m} \theta_{m,s} p_m^{\,1-\beta_s} \right)^{\frac{1}{1-\beta_s}} \qquad (۴)$$

$$E = \left\{ \omega_{ff,s} FF^{1-\upsilon} + \omega_{el,s} p_{el}^{\,1-\upsilon} \right\}^{\frac{1}{1-\upsilon}} \qquad (۵)$$

$$FF = \left(\sum_{e} \theta_{e,s} p_e^{\,1-\eta_s} \right)^{\frac{1}{1-\eta_s}} \qquad (۶)$$

در این معادل‌ها Π نشان دهنده سطح سود، $\mathbb{P}$ سطح قیمت، ω پارامتر سهم در لایه‌های بالایی، θ پارامتر سهم در لایه‌های پایینی، τ کشش تبدیل، λ کشش جانشینی بین عوامل تولید، β کشش جانشینی بین نهاده‌های واسطه‌ای، η کشش جانشینی بین انرژی‌های فسیلی، ρ کشش جانشینی بین ارزش افزوده و نهاده‌های غیر انرژی، γ کشش جانشینی بین لایه انرژی و لایه سایر نهاده‌ها و ν کشش جانشینی بین برق و لایه انرژی‌های فسیلی هستند. همچنین s نشان‌دهنده اندیس بخش تولیدی، i اندیس محصولات تولیدی، f اندیس نیروی کار و سرمایه، j اندیس نهاده‌های واسطه‌ای غیر انرژی برق، e اندیس انرژی و el اندیس انرژی الکتریکی هستند.

معادله (۲) فرم تابعی در مورد لایه سایر نهاده‌ها (KLM) را نشان می‌دهد. بر اساس این معادله، لایه مواد واسطه (M) با لایه ارزش افزوده (KL) یک ترکیب CES را تشکیل داده‌اند. در معادله (۵) نیز جانشینی برق (el) با لایه انرژی های فسیلی (FF) بیان شده است. معادلات (۳) و (۴) و (۶) نیز به ترتیب، ترکیب CES را در لایه‌های ارزش افزوده (KL) ، مواد واسطه (M) و انرژی فسیلی (FF) نمایش می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود متغیرهای موجود در همه معادلات را می‌توان به سه دسته متغیرهای قیمت، پارامترهای جانشینی و پارامترهای سهم (ضرایب فنی) تقسیم کرد. در این بین متغیرهای قیمت درون‌زا هستند و بر اساس تعاملات عرضه و تقاضا تعیین می‌شوند. اما سایر پارامترها به صورت برون‌زا تعیین می‌شوند. پارامترهای سهم یا ضرایب فنی بر اساس داده‌های سال پایه محاسبه شده‌اند. همچنین پارامترهای کشش جانشینی بر اساس مطالعه شاهمرادی و همکاران (۱۳۸۹) انتخاب شده‌اند.

شرط توازن درآمد که نشان دهنده برابری درآمد و مخارج خانوار است، به صورت رابطه (۷) بیان

می‌شود:

$$\left\{\omega_{e,h} EN^{1-\sigma} + \omega_{m,h} NE^{1-\sigma}\right\}^{\frac{1}{1-\sigma}} = \frac{\sum_f p_f \, end_{f,h} - SA}{E_h} \quad (۷)$$

$$NE = \left(\sum_m \theta_{m,h} p_m{}^{1-\beta_h}\right)^{\frac{1}{1-\beta_h}} \quad (۸)$$

$$EN = \left\{\omega_{ff,h} FF^{1-\upsilon} + \omega_{el,h} p_{el}{}^{1-\upsilon}\right\}^{\frac{1}{1-\upsilon}} \quad (۹)$$

$$FF = \left(\sum_e \theta_{e,h} p_e{}^{1-\eta_h}\right)^{\frac{1}{1-\eta_h}} \quad (۱۰)$$

سمت چپ رابطه (۷) نشان دهنده مخارج خانوار (با توجه به توابع مطلوبیت CES) و سمت راست نشان دهنده درآمدهای خانوار است که بر اساس سطح مخارج نرمال شده است. در این روابط Sa بیانگر شاخص پس‌انداز، E_h سطح مخارج مصرفی خانوار، end موجودی اولیه خانوار از عوامل تولید، τ_h کشش جانشینی بین کالاهای مصرفی غیر انرژی، η کشش جانشینی بین انرژی‌ها، σ کشش جانشینی بین لایه انرژی و لایه سایر نهاده‌ها، و h اندیس خانوارهاست. معادله (۸) ترکیب CES در لایه غیر انرژی را نمایش می‌دهد. همچنین معادله (۹) ترکیب CES بین برق و لایه انرژی‌های فسیلی را بیان کرده و معادله (۱۰) ترکیب CES در لایه انرژی‌های فسیلی را نشان می‌دهد.

الگوسازی عرضه و تقاضای برق

عرضه برق تابعی از سطح فعالیت صنعت برق و قیمت برق است. تقاضای برق نیز بر اساس مجموع تقاضای خانوارها و فعالیت‌ها تعیین می‌شود. به طور کلی تقاضای برق تابعی از قیمت برق، سطح فعالیت بخش‌ها، قیمت انرژی‌های فسیلی، قیمت سایر کالاها و درآمد خانوارهاست. در فضای رقابتی قیمت تعادلی و مقدار تعادلی به صورت درون‌زا و بر اساس نیروهای عرضه و تقاضا تعیین می‌شوند. رفتار بازار برق را در قالب مسئله MCP و بر اساس توابع هزینه CES لایه‌ای می‌توان چنین نوشت:

$$P_{el}\left[AL_{el}\bar{S}_{el} - \sum_s D_{el,s} - \sum_h D_{el,h}\right] = 0, \; P_{el} \geq 0, \; AL_{el}\bar{S}_{el} \geq \sum_s D_{el,s} + \sum_h D_{el,h} \quad (۱۱)$$

$$D_{el,s} = \omega_{E,s}\omega_{el,s}AL_s\bar{D}_{el,s}\left(\frac{\left(\omega_{KLM,s}P_{KLM,s}^{1-\gamma}+\omega_{E,s}P_{E,s}^{1-\gamma}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}}{P_E}\right)^{\gamma}\left(\frac{P_E}{P_{el}}\right)^{\upsilon} \quad (۱۲)$$

$$D_{el,h} = \omega_{E,h}\omega_{el,h}WL_h\bar{D}_{el,h}\left(\frac{\left(\omega_{M,h}P_{M,h}^{1-\gamma}+\omega_{E,h}P_{E,h}^{1-\gamma}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}}{P_E}\right)^{\gamma}\left(\frac{P_E}{P_{el}}\right)^{\upsilon} \quad (۱۳)$$

که در آن D نشانگر تقاضا، $\bar{D}$ تقاضا در سال پایه و $\bar{S}$ عرضه سال پایه است. در واقع $\bar{D}$ نشانگر میزان مصرف در سال پایه است. به بیان دیگر مصرف برق را می‌توان به صورت تقاضای محقق شده در سال پایه بر اساس متغیرهای قیمت در آن سال تعریف کرد. همچنین WL سطح رفاه و درآمد خانوارها و AL سطح فعالیت را نشان می‌دهد. اندیس h برای خانوارها، s برای فعالیت‌ها و el برای برق استفاده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تقاضای برق رابطه معکوس با قیمت برق و رابطه مستقیم با سطح تولید و سطح درآمد خانوارها دارد.

سایر روابط از جمله توابع تقاضا و عرضه در بازار کالاها و خدمات، بازار عوامل و بازار ارز، همچنین روابط تجارت خارجی، بر اساس مطالعه شاهمرادی و همکاران (۱۳۸۹) تدوین شده است.

داده‌های مورد استفاده

الگو پیشنهادی با استفاده از ماتریس داده‌های خرد ۱۳۸۰ وزارت نیرو[۱]، کالیبره شده است. ماتریس داده‌های خرد در واقع یک ماتریس حسابداری اجتماعی است که به صورت مستطیل (نامتقارن) درآمده است. به عبارت دیگر در حالت کلی، داده‌های موجود در این ماتریس شکل مستطیل شده ماتریس حسابداری اجتماعی است. این ماتریس، داده‌های مربوط به تعاملات کارگزاران اقتصادی را به صورت مثبت و منفی بیان می‌کند. در این ماتریس هر ستون نشانگر درآمد و هزینه یک کارگزار اقتصادی است. هر سطر نیز در واقع عرضه یا تقاضا در یک بازار را نشان می‌دهد. در این جدول مقادیر مثبت، درآمد یا عرضه بوده و مقادیر منفی، هزینه یا تقاضا هستند (شاهمرادی، حقیقی و زاهدی، ۱۳۸۹).

ماتریس داده‌های خرد بر پایه مفاهیم مهمی از «اقتصاد خرد» بنا شده است که در الگوهای تعادل

۱. شاهمرادی و همکاران، (۱۳۸۸).

عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مفاهیم که شبیه روابط ریاضی در الگوهای تعادل عمومی است، عبارتند از: ۱) شرط سود صفر اقتصادی در فعالیت‌های تولیدی (ستون‌های مربوط به فعالیت تولیدی)؛ ۲) برابری عرضه و تقاضا در بازارهای اقتصاد (سطرهای بازار کالا و خدمات، بازار کار و بازار سرمایه)؛ ۳) برابری مخارج و منابع درآمدی برای نهادها، خانوار و دولت (ستون‌های مربوط به نهادها، خانوارها و دولت).

جدول آتی شکل تجمیع شده این جدول را نمایش می‌دهد. سطر برق را در نظر بگیرید. عدد مثبت در این سطر، ارزش عرضه برق را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، ارزش برق فروخته شده در سال پایه برابر ۱۰۳۵۵ میلیارد ریال بوده است. اعداد منفی در این سطر میزان تقاضای برق (یا هزینه هر بخش برای برق) در سال مورد نظر را نشان می‌دهند. از این رقم هزینه برق بخش کشاورزی، بخش صنعت و معدن، بخش خدمات و خانگی برای خرید برق به ترتیب ۳۸۸، ۳۶۴۹، ۳۵۷۱ و ۲۲۸۳ میلیارد ریال، همچنین خالص صادرات برق ۲۱ میلیارد ریال و ارزش برق تقاضا شده توسط بخش فرآورده های نفتی ۲۴۷ میلیارد ریال بوده است.

ستون برق را در نظر بگیرید، این ستون نشان می‌دهد که درآمد حاصل از فروش برق صرف چه چیزی شده است. بر این اساس ۷۷۷ میلیارد ریال هزینه فرآورده‌ها نفتی لازم برای تولید برق و هزینه مواد و محصولات صنعتی ۴۳۱ میلیارد و هزینه خدمات خریداری شده توسط صنعت برق ۳۸۸ میلیارد ریال بوده است. جبران خدمات کارکنان هزینه‌ای معادل ۱۷۷۳ میلیارد ریال بر صنعت تحمیل کرده و ۲۶۱۸ میلیارد نیز رقم مازاد عملیاتی خالص فعالیت این صنعت بوده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول (۱): ماتریس داده‌های خرد انرژی ۱۳۸۰ در حالت تجمیع شده (ارقام به میلیارد ریال)

	کشاورزی	استخراج نفت و گاز	فرآورده‌های نفتی	صنعت و معدن	برق	خدمات	خانوارها	دولت و موسسات	دنیای خارج	تشکیل سرمایه
محصولات کشاورزی	۱۰۷ /۹۷۲	-۵	-۹۵	-۴۶/ ۱۹۷	-۱	-۱/ ۵۴۵	-۴۹/ ۵۴۸	۰	-۴۲	-۱۰/ ۵۴۱
نفت خام و گاز طبیعی	۰	۱۱۳/ ۱۱۱	-۸/ ۷۴۱	۰	۰	۰	۰	۰	-۱۰۱/ ۴۹۴	-۲/ ۸۷۶
فرآورده‌های نفتی	-۵/ ۶۲۷	-۳۹۲	۳۹/ ۰۱۵	-۵/ ۴۱۸	-۷۷۷	-۱۸,۲۸۶	-۱۴/ ۱۶۷	۰	۵/ ۸۶۸	-۲۱۷
مواد و محصولات صنعتی و معدنی	-۱۲/ ۴۱۸	-۵۳۷	-۲/ ۶۹۶	۱۵۴/ ۹۵۴	-۴۳۱	۱۴۹/ ۷۱۶	-۱۹۰/ ۸۲۲	-۱/ ۷۳۱	۷۳/ ۷۵۴	-۱۶۹/ ۷۸۷
برق	-۳۸۸	-۱۹۶	-۲۴۷	-۳/ ۶۴۹	۱۰/ ۳۵۵	-۳/ ۵۷۱	-۲/ ۲۸۳	۰	-۲۱	۰
خدمات	-۷/ ۰۹۰	-۴۵۵	-۱/ ۳۷۷	-۱۲/ ۳۸۳	-۳۸۸	۲۸۹/ ۹۱۶	-۱۵۶/ ۵۶۹	-۹۸/ ۳۲۲	-۲/ ۶۹۴	-۹/ ۶۳۸
جبران خدمات کارکنان	-۲/ ۸۲۴	-۲/ ۲۷۰	-۳/ ۶۹۵	-۲۴/ ۸۱۱	-۱/ ۷۷۳	-۱۱۳/ ۳۳۸	۱۴۸/ ۷۱۰	۰	۰	۰
درآمد مختلط	-۵۸/ ۸۱۷	۰	-۱۳۴	-۹/ ۴۴۹	۰	-۱۰۹/ ۴۹۴	۱۷۷/ ۸۹۴	۰	۰	۰
مازاد عملیاتی (خالص)	-۱۶/ ۹۸۷	-۱۰۵/ ۸۳۴	-۱۸/ ۹۶۴	-۴۷/ ۷۰۹	-۲/ ۶۱۸	-۱۲۰/ ۷۲۷	۱۶۱/ ۴۲۲	۱۵۱/ ۴۱۶	۰	۰
مالیات، تعرفه و سایر اقلام	-۳/ ۸۲۱	-۳/ ۴۲۴	-۳/ ۰۶۶	-۴/ ۳۳۸	-۴/ ۳۶۷	-۷۲/ ۶۷۰	-۷۴/ ۶۳۷	-۵۱/ ۳۶۳	۲۴/ ۶۲۸	۱۹۳/ ۰۵۹

منبع: محاسبات پژوهش بر اساس ماتریس داده‌های خرد انرژی

البته ماتریس داده‌های خرد انرژی دارای جزییات بیشتری است و حامل‌های انرژی را نیز به تفکیک در بردارد. این تفکیک برای بررسی تغییرات فناوری مصرف انرژی و جانشینی بین حامل‌های انرژی، مفید خواهد بود.

نتایج

برای اعمال بهبود کارایی و صرفه‌جویی در مصرف برق، پارامتر $\overline{D}_{el}$ در معادله (۲) و (۳) در ضریب صرفه‌جویی ضرب شده است:

$$\overline{D}_{el}(1-ef_{el})$$

در این رابطه اگر ef برابر ۱۰ ٪ فرض شود، به این ترتیب مقدار تقاضای پایه ۱۰ ٪ کاهش را نشان

خواهد داد. در این پژوهش اثرات اقتصادی بهینه‌سازی مصرف برق و در نتیجه ده درصد صرفه‌جویی در مصرف آن محاسبه شده است. در سناریوی اصلی الگو، کشش جانشینی بین نهاده انرژی و غیر انرژی (شامل نیروی کار، سرمایه و کالاهای واسطه) ۰/۵ در نظر گرفته شده است. به علاوه، این نتایج با دو فرض کشش جانشینی صفر (تابع لئونتیف[1] در لایه اول تولید) و کشش جانشینی واحد (تابع کاب-داگلاس[2] در لایه اول تولید) نیز مقایسه شده است.

اثر بر بخش برق

اثر بهینه‌سازی در مصرف برق، ابتدا خود را در کاهش تقاضای برق نشان می‌دهد. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که به دنبال بهینه‌سازی مصرف برق، تقاضای آن نیز کاهش می‌یابد. اما این کاهش کمتر از میزان صرفه‌جویی اولیه خواهد بود که علت آن به پدیده اثرات بازگشتی مربوط می‌شود (منظور و همکاران، ۱۳۹۰). صرفه‌جویی در مصرف برق به میزان ده درصد، کاهش تقاضای برق به میزان ۹/۷۶ درصد را در سناریوی اصلی به دنبال داشته است. تحلیل حساسیت الگو نشان می‌دهد که با تغییر کشش جانشینی نهاده‌ها در لایه اول، این رقم تغییر چندانی را تجربه نمی‌کند.

جدول (۲): تاثیر بهبود ده درصد صرفه‌جویی در مصرف برق بر بخش برق

کشش جانشینی نهاده انرژی و غیر انرژی	۰	۰/ ۵	۱
تغییر تقاضا	-۹ /۷۸	-۹ /۷۶	-۹/ ۵۹
پرداختی به سرمایه	-۵/ ۰۶	-۴ /۷۲	-۴ /۳۷
تغییر سرمایه	-۹ /۷۱	-۹ /۴۸	-۹ /۱۴
تغییر نیروی کار	-۹ /۷۳	-۹/ ۵۳	-۹ /۲۱

منبع: محاسبات پژوهش

از آنجا که کاهش تقاضای برق به کاهش سطح فعالیت بخش برق منجر شده، انتظار آن است که تقاضای بخش برق از کار و سرمایه نیز کاهش یابد. نتایج جدول ۲ اثر کاهش سرمایه‌گذاری را تایید می‌کند، به گونه‌ای که به دنبال کاهش ۴/۷۲ درصدی پرداختی سرمایه در بخش برق، موجودی سرمایه در این بخش نیز به میزان ۹/۴۸ درصد کاهش می‌یابد. به علاوه، نیروی کار شاغل در بخش برق نیز با کاهش ۹/۵۳ درصدی مواجه است.

1. Leontief
2. Cobb-Douglas

اثر بر بخش فرآورده‌های نفتی

از سوی دیگر کاهش سطح فعالیت بخش برق منجر به کاهش تقاضای بخش برق از نهاده‌های واسطه به ویژه سوخت نیروگاه‌ها خواهد شد. به این ترتیب به نظر می‌رسد کاهش فعالیت بخش برق بیشترین تاثیر را بر بخش فرآورده‌های نفتی بر جای خواهد گذاشت. البته نتایج محاسبات نشان می‌دهد که بهینه‌سازی مصرف برق، تاثیر منفی کوچکی بر بخش فرآورده‌های نفتی خواهد داشت. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، کاهش در تقاضای برق ناشی از صرفه‌جویی، به نوبه خود سبب کاهش تقاضای فرآورده‌های نفتی به میزان ۰/۲۳ واحد درصد خواهد شد. از سوی دیگر این بهبود سبب افزایش ۰/۰۴ واحد درصد در پرداختی سرمایه در این بخش می‌شود.

جدول (۳): تاثیر ۱۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف برق بر بخش فرآورده‌های نفتی

کشش جانشینی نهاده انرژی و غیر انرژی	۰	۰/۵	۱
تغییر سطح فعالیت	-۰/ ۱۴	-۰ /۲۳	-۰ /۲۷
پرداختی به سرمایه	-۰/ ۱۵	۰/ ۰۴	۰/ ۲۰
تغییر سرمایه	-۰/ ۱۴	-۰ /۲۱	-۰ /۲۵
تغییر نیروی کار	-۰/ ۱۶	-۰/ ۲۷	-۰ /۳۲

منبع: محاسبات پژوهش

علی‌رغم افزایش پرداختی به سرمایه، موجودی سرمایه کاهش می‌یابد، زیرا عوامل دیگری نیز بر موجودی سرمایه هر بخش تاثیرگذار هستند. سرمایه هر بخش، ارتباط مثبتی با سه عامل پرداختی به سرمایه، سطح فعالیت بخش و قیمت نهاده‌های جانشین دارد. از این‌رو هر چند در این مورد پرداختی به سرمایه در بخش فرآورده‌های نفتی افزایش ناچیزی را تجربه نموده، اما به دلیل کاهش سطح فعالیت این بخش به میزان ۰/۱۴ واحد درصد، موجودی سرمایه بخش فرآورده‌های نفتی نیز در مجموع کاهش ۰/۲۱ واحد درصدی را تجربه می‌کند. به علاوه تغییر کشش جانشینی در لایه اول تولید، تغییرات زیادی را در موجودی سرمایه و نیروی کار به دنبال ندارد.

دلیل این کاهش خفیف در فعالیت بخش فرآورده‌های نفتی آن است که صادرات و عرضه داخل جانشین کامل یکدیگر نیستند. به عبارت دیگر با کاهش تقاضای بخش برق از فرآورده‌های نفتی، صادرات فراورده‌ها افزایش می‌یابد، اما این افزایش ممکن است کاهش در تقاضای داخلی را پوشش ندهد.

اثر بر سایر بخش‌ها

اطلاعات ماتریس داده‌های خرد انرژی نشان می‌دهد که سهم برق در هزینه تولید بخش‌های تولیدی کشور در حدود ۱/۰۷ درصد است. از این‌رو با صرفه‌جویی ده درصدی در مصرف برق، انتظار می‌رود سایر بخش‌های تولیدی با تغییر اندکی مواجه شوند. نتایج محاسبات نیز حاکی از آن است که تغییر در سطح فعالیت سایر بخش‌های تولیدی کمتر از یک واحد درصد خواهد بود.

آنچه در این پژوهش اهمیت دارد جابجایی سرمایه و نیروی کار بر اثر بهینه‌سازی مصرف برق است. محاسبات نشان می‌دهد که نیروی کار و سرمایه از بخش برق خارج شده و به سایر بخش‌های اقتصاد وارد شده‌اند. در این بین صنعت، خدمات و کشاورزی سهم مهمی در پذیرش این نهاده‌ها دارند.

جدول (۴): اهمیت بخش‌های عمده اقتصاد در ایجاد ارزش افزوده

	سهم از جبران خدمات کارکنان	سهم از پرداختی به سرمایه
کشاورزی و دامداری	٪ ۲	٪ ۵
استخراج نفت خام و گاز طبیعی	٪ ۲	٪ ۳۴
صنعت	٪ ۱۵	٪ ۱۵
خدمات	٪ ۷۰	٪ ۳۷

منبع: محاسبات پژوهش بر اساس ماتریس داده‌های خرد انرژی

بر اساس محاسبات انجام گرفته، عمده نیروی کار خارج شده از بخش برق، جذب بخش خدمات می‌شود. همان‌طور که جدول ۵ نشان می‌دهد، در سناریوی پایه، ۸۰ ٪ نیروی کار خارج شده از بخش برق، وارد بخش خدمات شده و ۱۴ ٪ آنها وارد صنعت خواهند شد.

در مورد سرمایه خارج شده از بخش برق نیز، بخش خدمات بیشترین پذیرش را خواهد داشت، به نحوی که در حدود ۶۹ ٪ از آن را جذب خواهد کرد. بخش صنعت و کشاورزی نیز به ترتیب ۲۳ ٪ و ۵ ٪ سرمایه خارج شده از بخش برق را به خود اختصاص می‌دهند.

جدول (۵): سهم بخش‌های عمده اقتصاد در پذیرش نیروی کار خارج شده از بخش برق

کشش جانشینی نهاده انرژی و غیر انرژی	۰	۰/۵	۱
کشاورزی و دامداری	٪ ۳	٪ ۱	٪ ۱
صنعت	٪ ۲۵	٪ ۱۴	٪ ۱۳
خدمات	٪ ۶۳	٪ ۸۰	٪ ۸۱

منبع: محاسبات پژوهش

جدول (۶): سهم بخش‌های عمده اقتصاد در پذیرش سرمایه خارج شده از بخش برق

کشش جانشینی نهاده انرژی و غیر انرژی	۰	۰/۵	۱
کشاورزی و دامداری	٪ ۱۱	٪ ۵	٪ ۵
صنعت	٪ ۳۴	٪ ۲۳	٪ ۲۳
خدمات	٪ ۵۱	٪ ۶۹	٪ ۶۹

منبع: محاسبات پژوهش

نتیجه‌گیری

از آنجا که بهینه‌سازی مصرف برق منجر به کاهش تقاضای برق در اقتصاد می‌شود، درآمد این بخش را کاهش خواهد داد. کاهش درآمد در بخش برق منجر به خروج نیروی کار و سرمایه از این بخش می شود. از این‌رو اثر کاهش سرمایه‌گذاری همواره به عنوان یکی از دغدغه‌های مهم در سیاست‌های ارتقای کارایی به ویژه در حوزه انرژی مطرح بوده است.

این پژوهش به بررسی تاثیر صرفه‌جویی در مصرف برق بر تغییر موجودی سرمایه و نیروی کار در بخش انرژی با تاکید بر بخش برق در اقتصاد ایران، پرداخت. در این مقاله با کمک یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر، مقدار تغییر درپرداختی به سرمایه، موجودی سرمایه و نیروی کار در بخش‌های مختلف تولیدی محاسبه شده است.

نتایج نشان می‌دهد ده درصد صرفه‌جویی در مصرف برق، کاهش تقاضای برق به میزان ۹/۷۶ درصد را به دنبال دارد. موجودی سرمایه در این بخش نیز به میزان ۹/۴۸ درصد کاهش یافت که این مسئله تاییدی بر اثر کاهش سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود. به علاوه نیروی کار شاغل در بخش برق نیز با کاهش ۹/۵۳ درصدی مواجه است. همچنین نتایج نشان داد که بخش خدمات، بیشترین پذیرش را از نیروی کار و سرمایه خارج شده از بخش برق را به خود اختصاص می‌دهد. توجه به این نکته لازم است که این نتایج با فرض تحرک ناقص سرمایه و نیروی کار بین بخش‌های مختلف به دست آمده است که به نظر می‌رسد برای اقتصاد ایران فرض مناسبی باشد. در صورتی که فرض تحرک کامل سرمایه و نیروی کار مدنظر باشد، این تغییرات شدیدتر خواهد بود.

در پژوهش حاضر قیمت در بازار برق به صورت داده شده، فرض شده است. در شرایط قیمت تعیین شده میزان کاهش در تقاضای انرژی به‌طور تقریبی برابر با میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی خواهد بود. اما در بازارهای آزاد برق، اثر بهینه‌سازی مصرف انرژی خفیف‌تر است (اثرات بازگشتی). لذا

به نظر می‌رسد خروج نیروی کار و سرمایه در شرایط بازار آزاد کمتر از شرایط قیمت تعیین شده باشد. به این ترتیب برای کاهش اثر خروج سرمایه در اثر بهینه‌سازی مصرف انرژی، لازم است سیاست‌های بهینه‌سازی در شرایط بازارهای آزاد دنبال شوند.

منابع

الف) فارسی

شاهمرادی، اصغر؛ حقیقی، ایمان؛ زاهدی، راضیه؛ آقابابائی، محمد ابراهیم. (۱۳۸۸). تحلیل تاثیر سیاست‌های قیمتی در بخش‌های اقتصادی (با تمرکز بر آب و انرژی): رویکرد تعادل عمومی محاسبه‌پذیر. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی وزارت نیرو، ایران.

شاهمرادی، اصغر، منظور، داود؛ و حقیقی ایمان (۱۳۸۹)، بررسی اثرات حذف یارانه آشکار و پنهان انرژی در ایران: الگوسازی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر بر مبنای ماتریس داده‌های خرد تعدیل شده، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۲۶، صص ۵۴-۲۱.

منظور، داود؛ آقابابائی، محمد ابراهیم؛ حقیقی، ایمان. (۱۳۹۰). تحلیل اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصرف برق در ایران: الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر. فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، ۲۸، صص ۲۴-۱.

وزارت نیرو. (۱۳۸۷). آمار و نمودارهای انرژی در ایران و جهان ۱۳۸۶-۲۰۰۷، وزارت نیرو.

وزارت نیرو (۱۳۸۹)، ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

ب) انگلیسی

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

Brookes, L. G., (2000). 'Energy Efficiency Fallacies Revisited', Energy Policy, 28(67-),pp 355-366.

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

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

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی