Archive of SID

فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
سال هشتم، شماره‌ی ۳۰، تابستان ۱۳۹۸
صفحات: ۱۳۱-۱۵۷
DOI: 10.22084/aes.2019.18306.2809

ارائه یک مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه برای تجزیه اثر بازگشتی حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران

موسی خوشکلام خسروشاهی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۲

چکیده

شواهد آماری مربوط به حامل‌های انرژی (که در تولید کالاها و خدمات و اجزای تقاضای نهایی مورداستفاده هستند)، نشان می‌دهند که مصرف حامل‌های انرژی در ایران نسبت به متوسط جهانی بیشتر بوده و از کارائی مصرف کمتری نیز برخوردارند بنابراین مدیریت تقاضای انرژی امری ضروری است. در بین روش‌های مدیریت تقاضای انرژی، بهبود کارائی از رویکردهای مهم در اقتصاد جهانی محسوب می‌شود. اهداف مقاله با فرض شوک ۵ درصد بهبود کارائی حامل‌های انرژی (زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز طبیعی) در چارچوب مدل CGE مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی عبارت از (۱) برآورد اثر بازگشتی کل اقتصاد و اندازه‌گیری آن به تفکیک بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی (۲) اندازه‌گیری اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک اثرات جانشینی و تولیدی هستند. روش انجام تحقیق مبتنی بر رویکرد دومرحله‌ای شامل تجزیه اثر بازگشتی اقتصاد به تفکیک بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی و همچنین تجزیه اثر بازگشتی بخشی به اثرات جانشینی و درآمدی است. نتایج حاکی است که اثر بازگشتی کل اقتصاد برای زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز به‌ترتیب برابر با ۳۴، ۳۰، ۲۶، ۲۳ و ۱۸ درصد بوده بنابراین به دنبال بهبود کارائی هرکدام از حامل‌های انرژی، ذخیره انتظاری انرژی محقق نمی‌شود. مطابق نتایج، بخش‌های با بیشترین وابستگی به حامل‌های انرژی، از بیشترین اثر بازگشتی نیز برخوردارند. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهند که بنگاه‌های اقتصادی در کوتاه‌مدت، برای آنکه بیشترین انتفاع را از بهبود کارائی حامل‌های انرژی داشته باشند از جانشینی بین حامل‌های انرژی با سایر نهاده‌ها بهره گرفته و توسعه ظرفیت‌های تولیدی را به دوره زمانی بلندمدت منتقل می‌کنند.

کلید واژه‌ها: اثر بازگشتی، مدل‌سازی اقتصادی، CGE، ارتقاء کارائی، حامل‌های انرژی.

طبقه‌بندی JEL: C23, C68, Q41.

۱. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه الزهرا (*نویسنده مسئول)
Email: m.khosroshahi@alzahra.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

حامل‌های انرژی برای برطرف کردن نیازهای متعدد بخش‌های تولیدکننده کالاها و ارائه‌کننده خدمات (در قالب نهاده‌های واسطه‌ای) و همچنین خانوارها (در قالب کالاهای نهایی) ضروری هستند. حامل‌های انرژی دارای انواع مختلف شامل فرآورده‌های نفتی (بنزین، نفت سفید، گازوئیل، نفت کوره، گازهای مایع و سایر فرآورده‌ها)، زغال‌سنگ، برق و گاز طبیعی می‌باشند که هرکدام نیز موارد مصرف خاص خود را دارند. جدول (۱) نشان‌دهنده مصرف حامل‌های انرژی به تفکیک بخش‌های تولیدی و خانوارها است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، زغال‌سنگ تماماً توسط بخش صنعت و معدن مصرف می‌شود. بنزین به‌طور عمده در بخش حمل‌ونقل مصرف‌شده اما مصرف بسیار کمی نیز در بخش‌های کشاورزی، صنعت و معدن و سایر بخش‌ها دارد. بیشترین مصرف گازوئیل در بخش حمل‌ونقل است. انرژی الکتریسیته در تمامی بخش‌ها مصرف‌شده به‌طوری‌که بخش خانگی بیشترین سهم را دارد. گاز طبیعی نیز عمدتاً در بخش صنعت و معدن مصرف‌شده و بعد از بخش صنعت و معدن، بخش خانگی دارای بیشترین مصرف گاز طبیعی است.

جدول ۱: مصرف حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف (درصد)

حامل‌های انرژی/بخش	حمل‌ونقل	کشاورزی	صنعت و معدن	خانگی	سایر بخش‌ها	جمع
زغال‌سنگ	–	–	۱۰۰	–	–	۱۰۰
بنزین	۹۹/۷۴	۰/۰۰۶	۰/۱۲	–	۰/۱۸	۱۰۰
گازوئیل	۵۹/۱	۱۰/۳	۷/۷۴	۰/۲۶	۲۲/۶	۱۰۰
برق	۰/۳	۱۵/۹	۳۱/۵	۳۳/۵	۱۸/۸	۱۰۰
گاز طبیعی	۴	۰/۹	۶۰/۶	۲۵	۹/۵	۱۰۰

منبع: ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۴

آمار مصرف حامل‌های انرژی در کشور حاکی است، متوسط مصرف ایران در قیاس با متوسط جهانی بیشتر و درعین‌حال کارائی مصرف انرژی کشور نیز نسبت به جهان به‌مراتب پایین‌تر است. نمودار (۱) نشان‌دهنده مصرف حامل‌های انرژی کشور در مقایسه با متوسط جهانی در سال ۲۰۱۶ است ضمن اینکه شدت مصرف انرژی را که شاخصی از کارائی مصرف انرژی محسوب می‌شود نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مصرف بسیاری از حامل‌های انرژی در ایران نسبت به متوسط جهانی بیشتر بوده ضمن اینکه شدت مصرف انرژی در ایران (۷/۸ مگاژول/GDP) در قیاس با متوسط جهانی (۵/۱ مگاژول/GDP) به‌مراتب بیشتر است که حاکی از عدم کارائی مصرف حامل‌های انرژی در ایران است.

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار ۱: آمار مقایسه‌ای مصرف حامل‌های انرژی در ایران و جهان (سال ۲۰۱۶)

منبع: آمارنامه فرآورده‌های نفتی، آمار سازمان ملل و WDI[1]

با عنایت به مطالب بالا که حاکی از بیشتر بودن مصرف حامل‌های انرژی در ایران و درعین‌حال کارائی پایین مصرف آن‌ها است بدیهی است که برای نزدیک‌شدن شاخص‌های مذکور به متوسط جهانی نیاز به مدیریت مؤثرتر تقاضای انرژی در کشور وجود دارد. ادبیات اقتصاد انرژی حاکی از آن است که تقاضای انرژی در دو قالب قابل مدیریت است که عبارتند از (الف) به‌کارگیری روش‌های قیمتی (ب) به‌کارگیری روش‌های غیرقیمتی. در روش‌های قیمتی تمرکز بر متغیر قیمت بوده و تلاش می‌شود تا از طریق شکل‌دهی تغییرات در این متغیر، مدیریت تقاضای انرژی شکل گیرد اما روش دیگر متمرکز بر رویکردهای غیرقیمتی بوده که به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. یکی از مهم‌ترین آن‌ها صرفه‌جویی انرژی است که به‌واسطه بهبود کارائی انرژی قابل تحقق است (باتاچاریا[2]، ۲۰۱۱).

با توجه به اینکه بهبود کارایی انرژی از کانال مفهومی بنام اثر بازگشتی[3] باعث می‌شود تا تغییرات واقعی تقاضای انرژی مغایر با تغییرات انتظاری تقاضای انرژی (قبل از بهبود کارائی) شود[4] لذا در این مقاله تلاش می‌شود تا ضمن اندازه‌گیری اثر بازگشتی کل اقتصاد (اثر بازگشتی گستره اقتصاد)، اثر بازگشتی به تفکیک بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی تجزیه شود. درعین‌حال تلاش می‌شود تا اثر بازگشتی مربوط به بخش‌های تولیدی نیز به اثرات جانشینی[5] و تولیدی[6] تجزیه شود. با توجه به نقش مهم حامل‌های انرژی زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز طبیعی در اقتصاد ایران، تمرکز مقاله بر

1. World Development Indicators
2. Battacharyya
3. Rebound Effect

۴. مفهوم اثر بازگشتی: به‌دنبال بهبود کارائی انرژی، انتظار بر این است که مصرف انرژی کاهش یابد اما چون بهبود کارائی انرژی منجر به کاهش قیمت مؤثر انرژی می‌شود لذا این احتمال وجود دارد که ذخیره واقعی انرژی (ناشی از بهبود کارائی) کمتر از حد مورد انتظار باشد و یا به‌عبارت‌دیگر، به‌دنبال بهبود کارائی انرژی شاهد افزایش در مصرف انرژی باشیم. این میزان افزایش در مصرف انرژی که ناشی از بهبود کارئی انرژی است را اثر بازگشتی گویند (باتاچاریا، ۲۰۱۱).

5. Substitution Effect
6. Output Effect

www.SID.ir

Archive of SID

این حامل‌ها است[۱]. برای دستیابی به اهداف مدنظر، روش انجام تحقیق شامل دو بخش است. در بخش اول به کمک مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه (CGE)[۲]، شوک بهبود کارائی ۵ درصد (به تفکیک حامل‌های انرژی) به مدل داده شده و اثر بازگشتی کل اقتصاد (به تفکیک حامل‌های انرژی) محاسبه می‌شود. در بخش دوم نیز با استفاده از خروجی‌های مدل CGE، اثر بازگشتی به تفکیک بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی محاسبه می‌شود. در ضمن تجزیه اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک اثرات جانشینی و تولیدی نیز در بخش دوم روش انجام تحقیق قرار دارد.

ادامه مقاله به‌این‌ترتیب است که در ابتدا مبانی نظری و سپس پیشینه تحقیق آورده شده است. در ادامه ضمن بیان روش انجام تحقیق، نتایج مدل ارائه و تحلیل‌شده است. در انتها نیز ضمن جمع‌بندی و نتیجه‌گیری، منابع ذکر شده‌اند.

۲. مبانی نظری اثر بازگشتی

با توجه به شباهت مبانی نظری اثر بازگشتی در مورد تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان، در این بخش صرفاً مبانی نظری مربوط به تولیدکنندگان بیان شده و مبانی نظری مربوط به مصرف‌کنندگان نیز به‌طور مشابه است.

به دنبال بهبود کارائی انرژی، شکل‌گیری ذخیره انرژی قابل‌انتظار است (ذخیره انتظاری انرژی- EES[۳]) اما آنچه در واقعیت رخ می‌دهد تحت عنوان «ذخیره واقعی انرژی» نام‌گذاری می‌شود (ذخیره واقعی انرژی- AES[۴]) که لزوماً برابر با ذخیره انتظاری نیست. همین تفاوت بین ذخیره انتظاری و ذخیره واقعی انرژی تحت عنوان اثر بازگشتی (اثر بازگشتی کل) نام‌گذاری شده و به‌صورت زیر قابل‌اندازه‌گیری است.

$$RE = (EES - AES)/EES * 100 \qquad (۱)$$

سورل[۵] (۲۰۰۷) بیان می‌کند که عامل شکل‌گیری اثر بازگشتی، کاهش در قیمت مؤثر انرژی به دنبال بهبود کارائی است[۶]. اثر بازگشتی به دو دسته اثر بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود که اثر بازگشتی مستقیم مربوط به فعل‌وانفعالاتی است که به دنبال بهبود کارائی انرژی در یک بخش خاص (مثلاً صنعت فولاد) روی می‌دهد و اثر بازگشتی غیرمستقیم مربوط به فعل‌وانفعالاتی است که به

---

۱. با توجه به اینکه سایر حامل‌های انرژی مثل نفت‌کوره عمدتاً صادر می‌شوند، لذا مد نظر قرار نگرفته‌اند.

2. Computable General Equilibrium

3. Expected Energy Saving

4. Actual Energy Saving

5. Sorrell

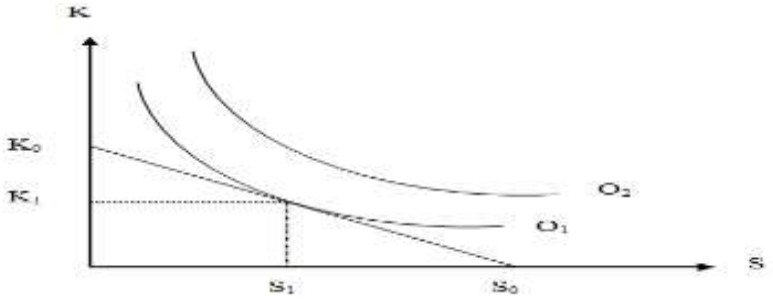
۶. این مکانیزم از کانال رابطه $\dot{P}_\varepsilon = (\dot{P}_E) - \rho$ است که در آن $\dot{P}_\varepsilon$ رشد قیمت انرژی با واحد کارائی، $\dot{P}_E$ رشد قیمت انرژی با واحد فیزیکی و ρ نرخ بهبود کارائی است.

www.SID.ir

Archive of SID

دنبال بهبود کارائی انرژی (مثلاً در صنعت فولاد)، در سایر بخش‌ها (تمامی بخش‌ها غیر از صنعت فولاد مثل صنعت خودرو) رخ می‌دهد. برای تبیین مبانی نظری مربوط به یک تولیدکننده، فرض می‌شود که تولیدکننده با به‌کارگیری دو نهاده سرمایه (K) و کار مفید[1] (S) اقـــدام به تولیـــد می‌کند. کارائی انرژی (ε) عبارت از نسبت کار مفید به انرژی ($\varepsilon = S/E$) بوده و قیمت کار مفید (P_S) نیز از نسبت $P_S = P_E/\varepsilon$ به‌دست می‌آید که در آن P_E قیمت هر واحد انرژی (مثل ریال/لیتر) است.

نمودار (۲) نشان‌دهنده تبادل نهاده‌ها توسط یک تولیدکننده برای تولید کالا یا خدمت بوده بطوریکه O_1 و O_2 منحنی‌های تولید یکسان هستند و نشان‌دهنده ترکیبات مختلف از سرمایه و کار مفید برای حصول سطح مشخصی از تولید می‌باشند. خط S_0-K_0 خط هزینه یکسان بوده و معادله آن عبارت از $C=(P_K*K)+(PS*S)$ است. ترکیب بهینه دو نهاده جایی تعیین می‌شود که منحنی تولید یکسان و خط هزینه یکسان مماس هستند. در این نقطه، ستانده در حداکثر خود بوده و نرخ نهایی جانشینی فنی بین دو نهاده برابر با نسبت قیمت آن‌هاست.



نمودار ۲: تبادل بین نهاده‌ها در تولید یک کالا یا خدمت

منبع: سورل (۲۰۰۷)

با فرض اینکه E(s) مقدار مصرف انرژی مربوط به مقدار s از کار مفید باشد، مصرف اولیه انرژی برابر با $E(s_1)$ است. حال اگر بهبود برونزایی در کارائی وسیله تبدیل‌کننده انرژی رخ دهد آنگاه مصرف جدید انرژی (بعد از بهبود کارائی) برابر با $E^*(s_1)$ خواهد بود ($E^*(s_1)<E(s_1)$)؛ بنابراین درصد انتظاری ذخیره انرژی در نتیجه بهبود کارائی از رابطه (۲) به‌دست می‌آید:

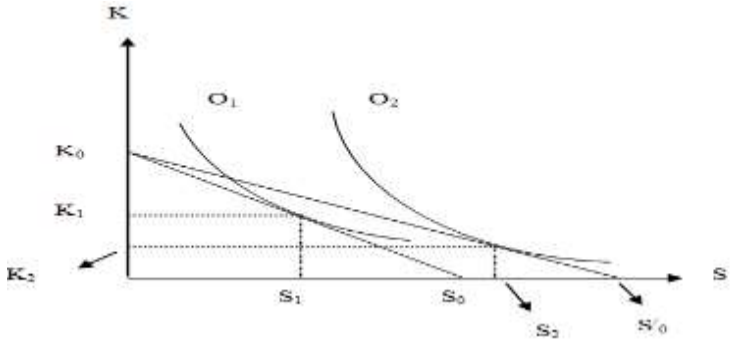
$$EES = \frac{E(S_1) - E^*(S_1)}{E(S_1)} * 100 \qquad (۲)$$

۱. تولیدکننده بطور مستقیم از انرژی به‌عنوان یک نهاده استفاده نمی‌کند بلکه آنچه که تولیدکننده مورد استفاده قرار می‌دهد عبارت از خدمت انرژی (ES – Energy Service) است. خدمت انرژی از ترکیب انرژی (E) و وسایل تبدیل انرژی در اختیار تولیدکننده قرار گرفته و یکی از ویژگی‌های هر خدمت انرژی عبارت از کار مفید (S) حاصل از آن است که می‌توان آن را در کنار نهاده سرمایه به‌عنوان نهاده تولیدی در نظر گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

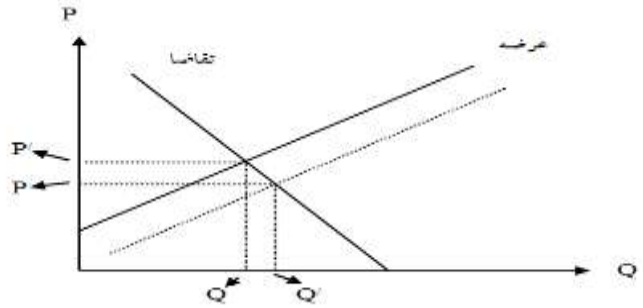
مطابق رابطه (۲)، ذخیره انرژی بیشتر از ذخیره واقعی آن برآورد می‌شود زیرا فرض بر این است که به دنبال بهبود کارائی، مصرف کار مفید (S) بدون تغییر بوده درحالی‌که واقعیت غیرازاین است. حال با فرض ثابت بودن قیمت اسمی انرژی (P_E)، بهـــبود کارائی انرژی باعث کاهـــش قیمت کار مفید شده ($P'_s \prec P_s$) و لذا در نمودار (۳) خط هزینه جدید $K_0 - S'_0$ حاصل می‌شود که در آن ترکیب بهینه نهاده‌ها در (S_2,K_2) تعیین می‌شود. جابه‌جایی به (S_2,K_2) باعث افزایش مصرف کار مفید و کاهش مصرف سرمایه شده، تولید نیز به سطح بالاتری افزایش می‌یابد.



نمودار ۳: تغییر اولیه در ترکیب نهاده‌ها و مقدار ستانده به‌دنبال بهبود کارائی انرژی

منبع: سورل (۲۰۰۷)

تعدیلات بنگاه ممکن است در وضعیت نمایش داده در نمودار (۳) باقی نماند. نقطه بهینه (S_2,K_2) نشان‌دهنده وضعیتی است که ترکیب نهاده‌ها متناسب با مخارج C است اما هدف بنگاه حداکثرسازی تولید مقید به هزینه نیست بلکه هدف حداکثرسازی سود است. با توجه به اینکه بهبود کارائی انرژی، تولیدکننده را قادر می‌کند تا همان سطح تولید را در قیمت‌های پایین‌تری تولید کند لذا در بازار رقابتی، جنگ قیمتی گسترش یافته و در بلندمدت هزینه متوسط تولید کاهش می‌یابد در نتیجه منحنی عرضه کل به راست منتقل می‌شود. (نمودار ۴).



نمودار ٤: افزایش عرضه به‌دنبال بهبود کارائی انرژی

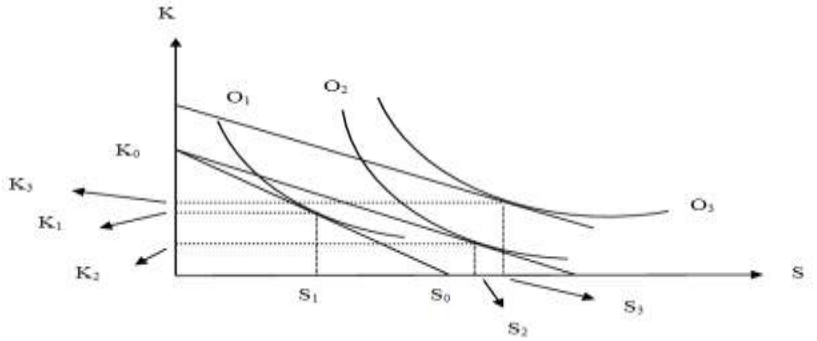
منبع: سورل (۲۰۰۷)

www.SID.ir

Archive of SID

مطابق نمودار (۵)، منحنی تولید یکسان از O_2 به O_3 منتقل می‌شود که منجر به حصول تعادل نهایی در (S_3,K_3) خواهد شد؛ بنابراین ذخیره واقعی انرژی به‌صورت رابطه (۳) قابل‌اندازه‌گیری است.

$$AES = \frac{E(S_1) - E^*(S_3)}{E(S_1)} * 100 \qquad (۳)$$



نمودار ۵: تغییر در ترکیب نهاده‌ها و مقدار ستانده به‌دنبال بهبود کارائی انرژی (حداکثرسازی سود)
منبع: سورل (۲۰۰۷)

مصرف افزایش‌یافته کار مفید باعث خنثی شدن پتانسیل کاهش در مصرف انرژی (ناشی از بهبود کارائی انرژی) شده و لذا با توجه به رابطه (۱)، اثر بازگشتی (REB) به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (سورل، ۲۰۰۷).

$$REB = \frac{EES - AES}{EES} * 100 = \frac{E^*(s_3) - E^*(s_1)}{E(s_1) - E^*(s_1)} * 100 \qquad (۴)$$

۳. پیشینه تحقیق

۳-۱.مرور برخی از مطالعات خارجی

جدول (۲) نشان‌دهنده برخی از جدیدترین مطالعات خارجی است که در ارتباط با اثر بازگشتی و در مورد حامل‌های مختلف انرژی و یا ترکیبی از حامل‌های مختلف انرژی انجام گرفته‌اند. قابل‌ذکر است که برآوردهای انجام‌شده بر حسب روش‌شناسی، کشور موردبررسی، نوع انرژی موردبررسی و غیره متفاوت است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: مطالعات خارجی

نویسنده/نویسندگان	کشور موردمطالعه	نوع حامل انرژی	روش‌شناسی	تعداد بخش‌ها/ دوره زمانی	نتایج تحقیق
توماس و آزودو[1] (۲۰۱۳)	آمریکا	انرژی مصرف‌شده در بخش مسکونی	داده ستانده	۴۲۸	اثر بازگشتی ۳۵ درصد
وانق[2] و همکاران (۲۰۱۴)	چین	مصرف برق در خانوارهای شهری	پانل دیتا	۲۰۱۰-۱۹۹۶	اثر بازگشتی کوتاه‌مدت ۷۲ درصد اثر بازگشتی بلندمدت ۷۴ درصد
اورا[3] و همکاران (۲۰۱۵)	آمریکا	مصرف انرژی در بخش مسکونی	پانل دیتا	۲۰۱۱-۱۹۹۵	اثر بازگشتی در بازه ۵۶ تا ۸۰ درصد
وی و لیو[4] (۲۰۱۷)	سطح جهانی	انرژی	تعادل عمومی	۱۱	اثر بازگشتی ۷۰ درصد
امجد[5] و همکاران (۲۰۱۸)	سوئد	برق و سایر سوخت‌ها	اقتصادسنجی	۲۰۰۸-۲۰۰۰	اثر بازگشتی ۱۰۰٪ وجود ندارد
جو[6] و همکاران (۲۰۱۸)	چین	زغال‌سنگ، برق، گاز، فرآورده‌های نفتی	تعادل عمومی	۱۳۵	متوسط اثر بازگشتی ۳۴ درصد

۲-۳. مرور برخی از مطالعات داخلی

جدول (۳) نشان‌دهنده برخی از جدیدترین مطالعات داخلی است که در ارتباط با اثر بازگشتی و در مورد حامل‌های مختلف انرژی انجام گرفته‌اند.

جدول ۳: مطالعات داخلی

نویسنده/نویسندگان	کشور موردمطالعه	نوع حامل انرژی	روش-شناسی	تعداد بخش‌ها/ دوره زمانی	نتایج تحقیق
خوشکلام خسروشاهی (۱۳۹۳)	ایران	بنزین و گازوئیل	تعادل عمومی	۱۰	اثر بازگشتی بنزین ۱۲/۹۵ درصد اثر بازگشتی گازوئیل ۱۳/۷۹ درصد
دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۶)	ایران	مصرف سوخت در حمل‌ونقل جاده‌ای	اقتصادسنجی	۱۳۹۳-۱۳۸۳	اثر بازگشتی بنزین ۶ درصد اثر بازگشتی گازوئیل ۲ درصد
سالم و همکاران (۱۳۹۶)	ایران	مصرف برق خانگی	AIDS	۱۳۹۴-۱۳۸۵	اثر بازگشتی ۸۱ درصد
شیرانی فخر (۱۳۹۶)	ایران	مصرف گاز طبیعی در صنعت	اقتصادسنجی	۱۳۹۲-۱۳۶۰	کشش کوتاه‌مدت ۰/۳۰- درصد

1. Thomas and Azevedo
2. Wang
3. Orea
4. Wei and Liu
5. Amjadi
6. Zhou

www.SID.ir

Archive of SID

نویسنده/نویسندگان	کشور موردمطالعه	نوع حامل انرژی	روش-شناسی	تعداد بخش‌ها/ دوره زمانی	نتایج تحقیق
		تولید فلزات اساسی			کشش بلندمدت ۰/۷۹- درصد
سلیمیان و همکاران (۱۳۹۶)	ایران	سوخت‌های فسیلی	تعادل عمومی	۹	اثر بازگشتی در همه بخش‌های انرژی‌بر وجود دارد
دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۷)	ایران	مصرف سوخت بخش حمل‌ونقل	اقتصادسنجی	۱۳۹۴-۱۳۸۵	اثر بازگشتی دارای روند همگرا و نزولی

با توجه به پیشینه تحقیق، نوآوری مقاله حاضر نسبت به مطالعات قبلی ازجمله مطالعات داخلی را می‌توان به این شکل بیان کرد که (۱) در این مطالعه تلاش شده است تا گستره به‌کارگیری بخش‌های تولیدی نسبت به مطالعات قبلی بیشتر باشد تا نتایج واقع‌بینانه‌تری ارائه شود (۲) از تمامی حامل‌های انرژی شامل زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق، گاز طبیعی و سایر فرآورده‌های نفتی استفاده‌شده است درحالی‌که هیچ‌کدام از مطالعات قبلی در کشور از کلیه حامل‌های انرژی به‌طور یکجا در قالب مدل تعادل عمومی استفاده نکرده‌اند. (۳) روش انجام تحقیق در قالب رویکرد دومرحله‌ای اتخاذ شده است بطوریکه تجزیه اثر بازگشتی کل اقتصاد در بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی و همچنین تجزیه اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به اثرات جانشینی و درآمدی محقق شود. (۴) شوک بهبود کارائی انرژی به تفکیک هرکدام از حامل‌های انرژی به مدل داده شده است درحالی‌که در مطالعات داخلی شوک بهبود کارائی به‌صورت ترکیبی بوده است.

٤. روش انجام پژوهش

با توجه به اهدافی که در مقاله حاضر دنبال می‌شود و همان‌طور که قبلاً نیز بیان گردید، روش انجام تحقیق شامل دو بخش است. بخش نخست طراحی مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه (CGE) مبتنی بر لافگرن و همکاران (۲۰۰۲)[1] و اجرای مدل با اِعمال شوک ۵ درصدی بهبود کارائی به تفکیک حامل‌های مختلف انرژی است. به دنبال حصول نتایج مربوط به بخش اول، بخش دوم مربوط به تجزیه اثر بازگشتی کل اقتصاد به تفکیک بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی است. همچنین تجزیه اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به اثرات جانشینی و تولیدی نیز در بخش دوم جای می‌گیرد.

بخش اول: مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه

برای طراحی مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه از پایه آماری مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)[2] استفاده می‌شود. ماتریس حسابداری اجتماعی مورداستفاده در این مقاله مربوط به ماتریس

1. Lofgren
2. Social Accounting Matrix

www.SID.ir

Archive of SID

سال ۱۳۸۷ تهیه شده توسط بانک مرکزی است. ماتریس مذکور به‌صورت ساخت و جذب[1] بوده و مشتمل بر ۵۳ بخش تولیدی و ۱۱۲ کالا یا خدمت است. با توجه به هدف مقاله که مربوط به حامل‌های انرژی است، ماتریس مذکور تجمیع شده و ماتریس با ۱۵ بخش تولیدی و ۱۸ کالا یا خدمت به‌دست‌آمده است. خلاصه‌ای از اطلاعات ماتریس حسابداری اجتماعی در جدول (۴) آورده شده‌اند[2].

جدول ٤: اجزای ماتریس حسابداری اجتماعی - ۱۸*۱۵

ردیف	بخش‌های تولیدی	کالاها و خدمات
۱	کشاورزی و ...	محصولات کشاورزی و ...
۲	معادن	زغال‌سنگ
		سایر محصولات معدنی
۳	تولید محصولات غذایی و آشامیدنی	محصولات غذایی و آشامیدنی‌ها
۴	تولید منسوجات	محصولات منسوجات
۵	تولید فرآورده‌های نفتی (پالایشگاه‌ها)	بنزین
		گازوئیل
		سایر فرآورده‌های نفتی
۶	تولید مواد و محصولات شیمیائی	محصولات شیمیایی
۷	تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	سایر محصولات کانی غیرفلزی
۸	تولید فلزات اساسی	فلزات اساسی
۹	تولید، انتقال و توزیع برق	برق
۱۰	جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب	آب
۱۱	تصفیه و توزیع گاز	گاز تصفیه و توزیع‌شده
۱۲	سایر صنایع	محصولات سایر صنایع
۱۳	بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی	بازرگانی
۱۴	حمل‌ونقل	حمل‌ونقل
۱۵	سایر خدمات	محصولات سایر خدمات
عوامل تولید		
۱	نیروی کار	
۲	سرمایه	
نهادها		
۱	خانوارها	
۲	دولت	
۳	شرکت‌ها	
۴	دنیای خارج	

منبع: ماتریس حسابداری اجتماعی

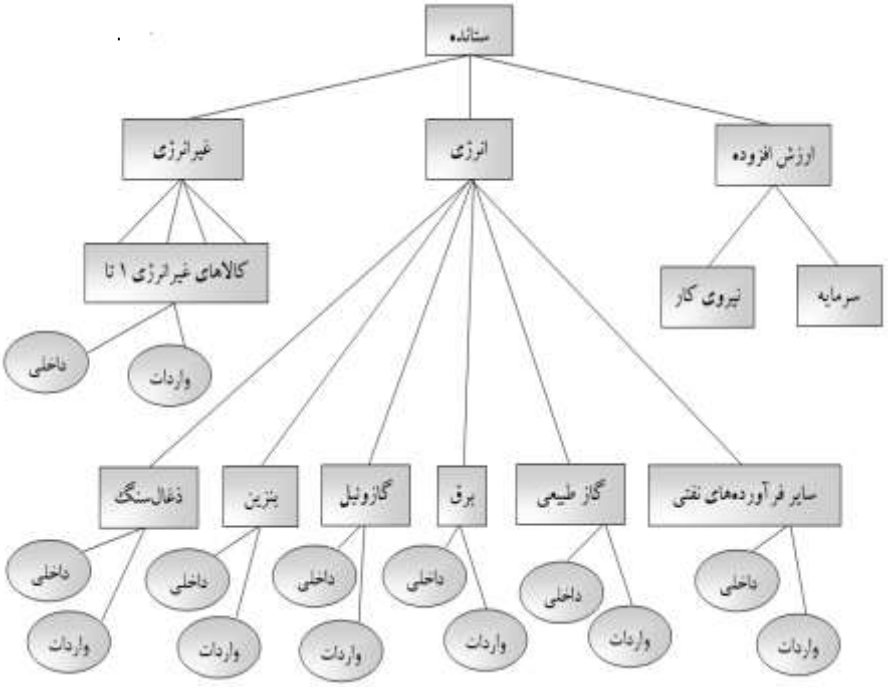
۱. منظور از ساخت و جذب در ماتریس حسابداری اجتماعی عبارت است از وجود دو بلوک با نام‌های ساخت و جذب به‌طوری‌که بلوک ساخت، ماتریسی است که سطرها شامل بخش‌های تولیدی و ستون‌ها شامل کالاها و خدمات بوده و ارقام این ماتریس نشان‌دهنده کالاها و خدمات تولیدشده توسط هر بخش است. ماتریس جذب نیز ماتریسی است که سطرها شامل کالاها و خدمات و ستون‌ها شامل بخش‌های تولیدی بوده و ارقام این ماتریس نشان‌دهنده کالاها و خدمات خریداری شده توسط هر بخش است.

۲. قابل ذکر است که معادلات مربوط به مدل تعادل عمومی برای جلوگیری از ازدیاد صفحات آورده نشده است اما در صورت درخواست می‌توان آنها را در اختیار قرار داد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل (۱) مربوط به ساختار تولید بخش‌های مختلف تولیدی است. این ساختار نشان‌دهنده چگونگی ترکیب عوامل اولیه تولید، انواع حامل‌های انرژی و کالاهای غیرانرژی برای ایجاد ارزش‌افزوده، کالای انرژی و کالای غیرانرژی و همچنین نشان‌دهنده چگونگی ترکیب ارزش‌افزوده، کالای انرژی و کالای غیرانرژی برای شکل‌دهی ستانده هر بخش تولیدی است. قابل‌ذکر است که ساختار تولید به‌صورت لایه‌ای بوده و در لایه اول، ارزش‌افزوده هر بخش تولیدی از ترکیب عوامل تولید (شامل نیروی کار و سرمایه) به‌دست‌آمده و انرژی نیز از ترکیب حامل‌های مختلف انرژی (شامل زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق، گاز طبیعی و سایر فرآورده‌های نفتی) شکل می‌گیرد. همچنین در لایه اول چگونگی شکل‌گیری کالای غیرانرژی به‌صورت ترکیبی از مجموعه همه کالاهای غیرانرژی (شامل کالاهای غیر انرژی از ۱ تا n) نشان داده شده است. در لایه دوم نیز ستانده هر بخش تولیدی که ترکیبی از ارزش‌افزوده، کالای انرژی و کالای غیرانرژی است، نشان داده شده است. بدیهی است که هرکدام از حامل‌های انرژی می‌توانند یا از محل واردات و یا از محل تولید داخلی تأمین‌شده و در مدل‌سازی وارد شوند. کالاهای غیرانرژی نیز به‌صورت ترکیبی از واردات و تولیدات داخلی در مدل‌سازی وارد می‌شوند. قابل‌ذکر است که تولیدکنندگان در هرکدام از لایه‌های ذکرشده، رفتار بهینه‌یابی انجام می‌دهند یعنی سود خود را حداکثر می‌کنند. قابل‌ذکر است که معادلات مربوط به مدل CGE در پیوست (۱) آورده شده‌اند.



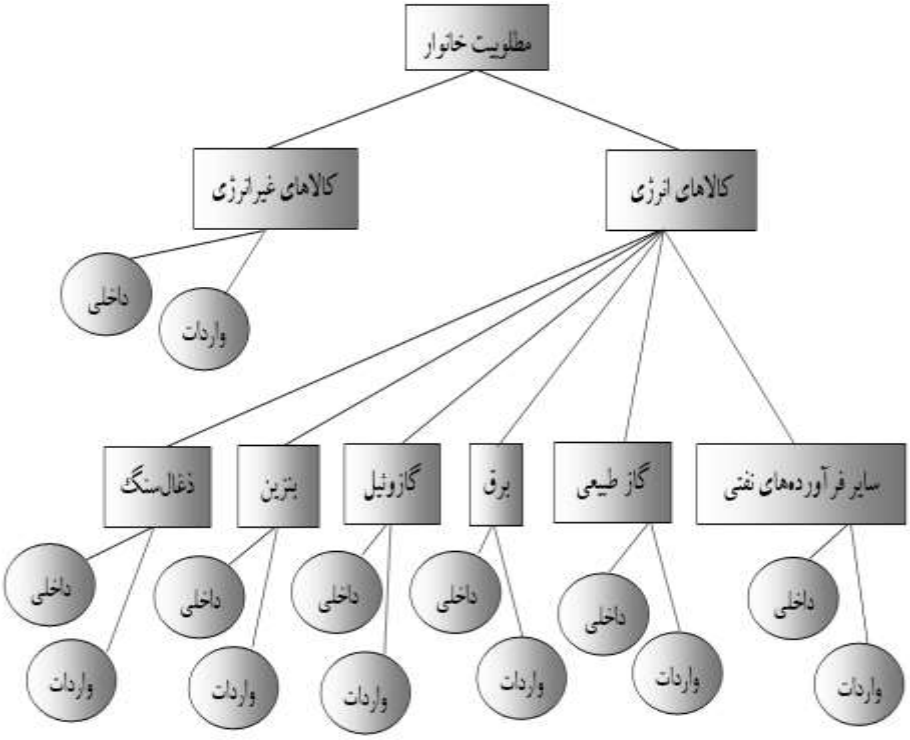
شکل ۱: ساختار تولید مدل تعادل عمومی

منبع: جو و همکاران (۲۰۱۸)

www.SID.ir

Archive of SID

شکل (۲) نشان‌دهنده ساختار مطلوبیت مربوط به خانوارها است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، فرض شده است که خانوارها از دو کالای انرژی و غیرانرژی استفاده می‌کنند که کالای انرژی ترکیبی از انواع حامل‌های انرژی شامل زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق، گاز طبیعی و سایر فرآورده‌های نفتی بوده و کالای غیرانرژی نیز شامل تمامی سایر کالاهایی است که خانوارها مصرف می‌کنند. البته شکل (۲) نشان‌دهنده ساختار کلی است زیرا مثلاً خانوارها مصرف‌کننده زغال‌سنگ نیستند که البته وجود چنین مواردی در فرایند مدل‌سازی لحاظ شده است. قابل‌ذکر است که خانوارها نیز همانند تولیدکنندگان رفتار بهینه‌یابی را دنبال می‌کنند.



شکل ۲: ساختار مطلوبیت خانوار

منبع: خیابانی (۱۳۸۷)

به پیروی از جو و همکاران (۲۰۱۸) و با فرض اینکه بهبود کارائی با نماد γ، اثر بازگشتی کل اقتصاد (اثر بازگشتی گستره اقتصاد) با نماد R و درصد تغییرات مصرف انرژی با $\dot{E}$ نشان داده شوند، اندازه‌گیری اثر بازگشتی به‌صورت زیر است:

$$R = \left[1 + \frac{\dot{E}}{\gamma}\right] \times 100 \qquad (۵)$$

www.SID.ir

Archive of SID

اگر در این رابطه، $R \succ 0$ باشد به این معنی است که بخشی از ذخیره انتظاری انرژی (ناشی از بهبود کارائی) به خاطر فعل‌وانفعالات ناشی از اثر بازگشتی خنثی‌شده است. حال اگر بهبود کارائی انرژی (γ) صرفاً در بخش‌های خاصی مثل بخش‌های تولیدی رخ دهد آنگاه اثر بازگشتی کل اقتصاد به‌صورت رابطه (۶) خواهد بود که در آن، α نشان‌دهنده نسبت مصرف انرژی‌بخش تولید به مصرف انرژی اقتصاد است ($\alpha = \frac{E_P}{E}$).

$$R = \left[1 + \frac{\dot{E}}{\alpha\gamma}\right] \times 100 \qquad (۶)$$

رابطه (۷) نشان‌دهنده مقدار اثر بازگشتی مربوط به بخش jام (اثر بازگشتی بخشی) است که در آن، $\dot{E}_j$ عبارت از تغییر مصرف انرژی‌بخش jام ناشی از بهبود کارائی انرژی است.

$$R_j = \left[1 + \frac{\dot{E}_j}{\gamma}\right] \times 100 \qquad (۷)$$

بخش دوم: تجزیه اثر بازگشتی

رویکرد مربوط به تجزیه اثر بازگشتی در این مقاله، به پیروی از جو و همکاران (۲۰۱۸) است. برای تجزیه اثر بازگشتی به تفکیک بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی، از رابطه (۶) استفاده کرده و با بازنویسی آن داریم:

$$R = \left[1 + \frac{\dot{E}}{\alpha\gamma}\right] \times 100 = \left[1 + \frac{\Delta E / E}{(E_p / E) \times \gamma}\right] \times 100 = \left[1 + \frac{\Delta E}{\gamma E_p}\right] \times 100 = \frac{\gamma E_p + \Delta E}{\gamma E_p} \times 100 \qquad (۸)$$

با توجه به اینکه، تغییرات واقعی مصرف انرژی و تغییرات انتظاری مصرف انرژی در کل اقتصاد را می‌توان به‌صورت روابط (۹) و (۱۰) نوشت، داریم:

$$\Delta E = \sum_{j \in p} \Delta E_j + \Delta E_c = \sum_{j \in p} z_j E_j + (\Delta E_H + \Delta E_G + \Delta E_I + \Delta E_{EX} + \Delta E_S) \qquad (۹)$$

$$\Delta E^* = \sum_{j \in p} \Delta E_j^* = \sum_{j \in p} (-\gamma) E_j = (-\gamma) E_p \qquad (۱۰)$$

H مصارف خانوار، G مخارج دولت، I سرمایه‌گذاری، EX صادرات، S موجودی انبار و Z_j درصد تغییر در مصرف واقعی انرژی‌بخش jام است. با جاگذاری روابط (۹) و (۱۰) در رابطه (۸) داریم:

www.SID.ir

Archive of SID

$$R=\frac{\sum_{j\in p}\gamma E_j+\sum_{j\in p}z_jE_j+\Delta E_c}{\gamma E_p}\times 100=\left[\sum_{j\in p}\frac{(\gamma+z_j)}{\gamma}\times\frac{E_j}{E_p}\times 100\right]+\left[\frac{\Delta E_c}{\gamma E_p}\times 100\right] \qquad (۱۱)$$

نهایتاً به‌واسطه جاگذاری $R_j=\left[1+\frac{z_j}{\gamma}\right]\times 100$ در (۱۱) و با فرض $R'_j=R_j\times\frac{E_j}{E_p}$ خواهیم داشت:

$$R=\left(\left[\sum_{j\in p}R'_j\right]+\left[\frac{\Delta E_c}{\gamma E_p}\right]\right)\times 100 \qquad (۱۲)$$

در رابطه فوق، R'_j اصطلاحاً اثر بازگشتی وزنی بخش jام نامیده می‌شود. رابطه (۱۲) نشان می‌دهد که اثر بازگشتی کل اقتصاد به دو جزء شامل اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی و اثر بازگشتی اجزای تقاضای نهایی تفکیک شد. به پیروی از جو و همکاران (۲۰۱۸) و برای تجزیه اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک اثرات جانشینی و تولیدی داریم:

$$z_{ij}+\gamma_{ij}=x_j-\sigma_j\left[(p_{ij}-\gamma_{ij})-\sum_i S_{ij}(p_{ij}-\gamma_{ij})\right] \qquad (۱۳)$$

رابطه (۱۳) نشان‌دهنده معادله تقاضای خطی‌شده نهاده انرژی iام در بخش jام بوده و در آن، z_{ij} درصد تغییر مصرف انرژی iام در بخش تولیدی jام، x_j درصد تغییر ستانده حقیقی بخش jام، S_{ij} سهم هزینه‌ای انرژی iام از کل هزینه‌های انرژی بخش jام، σ_j کشش جانشینی بین منابع مختلف انرژی در بخش تولیدی jام، γ_{ij} نرخ بهبود کارائی انرژی iام در بخش تولیدی jام و p_{ij} درصد تغییر قیمت انرژی iام در بخش jام است. به کمک معادله (۱۳) و از طریق معادله (۱۴) می‌توان اثر بازگشتی بخش تولیدی jام را به اثرات جانشینی و تولیدی تجزیه کرد که در آن، عبارت اول سمت راست نشان‌دهنده اثر تولیدی و عبارت دوم سمت راست نشان‌دهنده اثر جانشینی است.

$$R_{ij}=\left[\frac{z_{ij}+\gamma_{ij}}{\gamma_{ij}}\right]\times 100=\left\{\frac{x_j}{\gamma_{ij}}\times 100\right\}+\left\{\frac{-\sigma_j\left[(p_{ij}-\gamma_{ij})-\sum_i S_{ij}(p_{ij}-\gamma_{ij})\right]}{\gamma_{ij}}\times 100\right\} \qquad (۱۴)$$

www.SID.ir

Archive of SID

۵. ارائه نتایج و تحلیل آن‌ها

همان‌طور که در بخش قبل گفته شد، در ابتدا شوک بهبود کارائی ۵ درصد در بخش‌های تولیدی به تفکیک حامل‌های انرژی (زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز طبیعی) اِعمال می‌شود[۱]. در جدول (۵)، α نشان‌دهنده نسبت مصرف بخش‌های تولیدی از کل مصرف انرژی (به تفکیک حامل‌های انرژی) در اقتصاد ایران بوده و γ نشان‌دهنده شوک وارده به بخش‌های تولیدی در نتیجه بهبود ۵ درصدی کارائی حامل‌های انرژی است. به‌عنوان نمونه و در مورد زغال‌سنگ ملاحظه می‌شود که شوک ۵ درصد بهبود کارائی در بخش‌های تولیدی، به‌واسطه سهم ۹۴ درصدی این بخش‌ها از کل مصرف زغال‌سنگ به معنی شوک ۴/۷ درصدی بهبود کارائی است.

جدول ۵: مقادیر γ، α و $\alpha\gamma$ (درصد)

متغیر	γ	α	$\alpha\gamma$
زغال‌سنگ	۵	۹۴	۴/۷
بنزین	۵	۷۱	۳/۶
گازوئیل	۵	۶۸	۳/۴
برق	۵	۶۲	۳/۱
گاز طبیعی	۵	۴۹	۲/۵

منبع: ماتریس حسابداری اجتماعی و محاسبات تحقیق

با توجه به اینکه بخش‌های تولیدی، α درصد از کل مصرف هر حامل انرژی را دارند بنابراین به تبعیت از رابطه (۶)، نتایج مربوط به اثر بازگشتی کل اقتصاد (اثر بارگشتی گستره اقتصاد) در جدول (۶) آورده شده‌اند.

جدول ٦: اثر بازگشتی کل اقتصاد (درصد)

حامل انرژی	ذخیره انتظاری انرژی	ذخیره واقعی انرژی	اثر بازگشتی کل اقتصاد
زغال‌سنگ	۴/۷	۳/۱	۳۴
بنزین	۳/۶	۲/۵	۳۰
گازوئیل	۳/۴	۲/۵	۲۶
برق	۳/۱	۲/۴	۲۳
گاز طبیعی	۲/۵	۲/۰	۱۸

منبع: محاسبات تحقیق

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، اثر بازگشتی کل اقتصاد برای هر ۵ حامل انرژی مثبت است. این جمله به این معنی است که به‌دنبال بهبود کارائی انرژی در بخش‌های تولیدی، ذخیره واقعی انرژی که رخ داده است به‌مراتب کمتر از ذخیره انرژی است که قبل از به‌کارگیری شوک بهبود کارائی مورد انتظار بود. مثلاً با بهبود کارائی مصرف بنزین در بخش‌های تولیدی، انتظار بر این بود که مصرف بنزین ۳/۶

۱. به‌عبارت بهتر، در بخش‌های ۱۵ گانه تولیدی مد نظر در این مقاله، فرض می‌شود که شوک بهبود کارائی انرژی (به تفکیک زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز طبیعی) معادل ۵ درصد رخ می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

درصد کاهش یابد اما آنچه در واقعیت رخ خواهد داد عبارت از کاهش ۲/۵ درصدی مصرف بنزین است که با جایگذاری این اعداد در رابطه (۶) اثر بازگشتی گستره اقتصاد معادل ۳۰ درصد برای بنزین به دست می‌آید. این نتیجه‌گیری علامتی است به سیاست‌گذاران اقتصادی که در برنامه‌ریزی‌های خود برای بهبود کارائی انرژی، اثر بازگشتی ناشی از به‌کارگیری چنین رویکردهایی را مدنظر قرار دهند تا میزان اریب از نتایج مورد انتظار به حداقل برسد.

مطابق بخش دوم روش انجام تحقیق، به دنبال آن هستیم که اثر بازگشتی کل اقتصاد (اعداد جدول ۶) را به تفکیک بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی تجزیه کنیم. به‌این‌ترتیب می‌توان سهم هرکدام از بخش‌ها از کل اثر بازگشتی را تعیین کرد. برای این منظور از رابطه (۱۲) کمک گرفته و نتایج در جدول (۷) آورده شده‌اند.

جدول ۷: تفکیک اثر بازگشتی کل اقتصاد (درصد)

بخش‌ها	زغال‌سنگ		بنزین		گازوئیل		برق		گاز طبیعی	
	مقدار	سهم	مقدار	سهم	مقدار	سهم	مقدار	سهم	مقدار	سهم
کشاورزی و ...	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۲۷	۵/۰۹	۱۹/۲۳	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۴۳	۲/۳۲
معادن	۰/۵۵	۱/۶۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۸۱	۰/۰۰	۰/۰۰
تولید محصولات غذایی و آشامیدنی	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۶۹
تولید منسوجات	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۰۷
تولید فرآورده‌های نفتی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۴۶	۲/۵۱
تولید مواد و محصولات شیمیائی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۲/۱۸	۱۱/۸۹
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۵۳	۲/۳۳	۱/۴۵	۷/۸۸
تولید فلزات اساسی	۳۳/۶۳	۹۸/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲/۸۹	۱۲/۸۲	۳/۹۳	۲۱/۴۱
تولید، انتقال و توزیع برق	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۳	۲/۷۹	۱/۴۷	۷/۹۸
جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
تصفیه و توزیع گاز	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۵	۳/۷۶	۰/۰۰	۰/۰۰
سایر صنایع	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۳۱	۱/۳۹	۰/۱۹	۱/۰۴
بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۰	۱/۰۲	۰/۳۰	۱/۱۲	۷/۲۱	۳۱/۹۳	۰/۰۲	۰/۱۱
حمل‌ونقل	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۳/۹۴	۸۰/۹۵	۱۸/۲۲	۶۸/۸۲	۰/۲۷	۱/۲۰	۲/۴۲	۱۳/۱۶
سایر خدمات	۰/۰۰	۰/۰۰	۲/۲۷	۷/۶۷	۱/۷۰	۶/۴۲	۵/۸۸	۲۶/۰۶	۰/۵۴	۲/۹۳
خانوار	۰/۰۴	۰/۱۳	۳/۲۰	۱۰/۸۲	۱/۰۰	۳/۷۸	۴/۰۰	۱۷/۷۱	۵/۲۰	۲۸/۳۱
جمع	۳۴	۱۰۰	۳۰	۱۰۰	۲۶	۱۰۰	۲۳	۱۰۰	۱۸	۱۰۰

منبع: محاسبات تحقیق

با توجه به نتایج جدول (۷) قابل‌ذکر است که اولاً اعداد ۰/۰۰ برای برخی بخش‌ها و در مورد برخی از حامل‌های انرژی به معنی سهم صفر یا نزدیک به صفر بخش مربوطه از مصرف حامل انرژی مربوطه

www.SID.ir

Archive of SID

بوده ($\frac{E_j}{E_p}=0$) و همین عامل باعث می‌شود تا اثر بازگشتی تفکیکی بخش مربوطه در مورد حامل انرژی مربوطه صفر شود. ثانیاً با توجه به SAM و در میان اجزای تقاضای نهایی، فقط نهاد خانوار است که از انواع حامل‌های انرژی تقاضا کرده و لذا صرفاً نهاد خانوار در انتهای بخش‌های تولیدی (جدول ۷) آورده شده است.

در بین بخش‌های مختلف و در مورد بنزین (به‌عنوان‌مثال) ملاحظه می‌شود که قسمت عمده اثر بازگشتی مربوط به «بخش حمل‌ونقل» بوده بطوریکه سهم این بخش از کل اثر بازگشتی برابر با ۸۰/۹۵ درصد ($\frac{23.94}{30}=80.95$) است که دلیل آن نیز این است که «بخش حمل‌ونقل» بزرگ‌ترین مصرف‌کننده بنزین در بین تمامی بخش‌های اقتصادی و نهادها محسوب می‌شود. بعد از «بخش حمل‌ونقل» نیز «خانوار» و «سایر خدمات» با سهم‌های به‌ترتیب برابر با ۱۰/۸۲ و ۷/۶۷ درصد قرار دارند. مشابه همین وضعیت در مورد سایر حامل‌های انرژی نیز برقرار است. در مورد زغال‌سنگ ملاحظه می‌شود که بخش «تولید فلزات اساسی» سهمی معادل ۹۸/۸ درصد از کل اثر بازگشتی را به خود اختصاص داده است و بعدازآن بخش «معادن» سهم ناچیز ۱/۶۱ درصدی را دارد. در مورد گازوئیل ملاحظه می‌شود که بخش «حمل‌ونقل» سهمی معادل ۶۸/۸۲ درصد از کل اثر بازگشتی را به خود اختصاص داده و بعدازآن بخش «کشاورزی» سهم ۱۹/۲۳ درصدی دارد. در مورد برق، بخش «بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی» سهمی معادل ۳۱/۹۳ درصد از کل اثر بازگشتی را به خود اختصاص داده و بعدازآن بخش «سایر خدمات» سهم ۲۶/۰۶ درصدی دارد. در مورد گاز طبیعی، بخش «خانوار» سهمی معادل ۲۸/۳۱ درصد از کل اثر بازگشتی را به خود اختصاص داده و بعدازآن بخش «تولید فلزات اساسی» سهم ۲۱/۴۱ درصدی دارد. در کل قابل استنباط است که بخش‌های انرژی بر مشارکت بیشتری در اثر بازگشتی کل اقتصاد دارند. دلیل چنین استنباطی این است که هرچقدر یک بخش تولیدی وابستگی بیشتری به مصرف نوع خاصی از حامل انرژی داشته باشد آنگاه شوک بهبود کارائی نیز عمدتاً در آن بخش تولیدی رخ خواهد داد و در نتیجه سهم بیشتری از اثر بازگشتی نیز در آن بخش تولیدی شکل خواهد گرفت.

مطابق آنچه که در قالب رابطه (۱۴) بیان گردید، نمودارهای (۶) و (۷) نشان‌دهنده تجزیه اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک اثر جانشینی و اثر تولیدی در مورد زغال‌سنگ و بنزین بوده و نمودارهای مشابه در مورد سایر حامل‌های انرژی در پیوست (۲) آورده شده‌اند. ملاحظه می‌شود که اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی عمدتاً توسط اثر جانشینی و بسیار اندک توسط اثر تولیدی توضیح داده می‌شوند. دلیل این وضعیت را می‌توان به محدودیت بخش‌ها جهت ایجاد تغییرات در موجودی سرمایه خود در دوره زمانی کوتاه‌مدت مرتبط دانست زیرا بنگاه‌های تولیدی یا خدماتی در کوتاه‌مدت از موجودی سرمایه ثابتی برخوردار بوده و نمی‌توانند از مزایای بهبود کارائی انرژی به‌طور کامل بهره‌برداری کنند؛ بنابراین

www.SID.ir

Archive of SID

در کوتاه‌مدت، تنها رویکرد پیش‌روی بنگاه‌ها برای بهره‌برداری از مزایای بهبود کارائی، در قالب اثر جانشینی جلوه می‌یابد.

نمودار ٦: اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک جانشینی و تولیدی (زغال‌سنگ) - درصد

منبع: محاسبات تحقیق

نمودار (۷) نشان‌دهنده وضعیت مشابه زغال‌سنگ در مورد بنزین بوده و تحلیلی مشابه آنچه که در مورد زغال‌سنگ بیان شد در مورد بنزین نیز قابل‌ذکر است.

نمودار ۷: اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک جانشینی و تولیدی (بنزین) - درصد

منبع: محاسبات تحقیق

نتیجه‌گیری

شواهد آماری در مورد حامل‌های مختلف انرژی (زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز طبیعی) نشان از آن دارند که مصرف حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران در قیاس با متوسط جهانی بسیار بالاتر بوده و درعین‌حال مصرف حامل‌های انرژی نیز به‌صورت غیرکارا صورت می‌گیرد ازاین‌رو لزوم توجه به مدیریت تقاضای انرژی امری اجتناب‌ناپذیر است. مدیریت تقاضای انرژی در دو دسته شامل سیاست‌های قیمتی

www.SID.ir

Archive of SID

و غیرقیمتی قابل‌اجرا است که در مقاله حاضر، تمرکز بر سیاست غیرقیمتی تحت عنوان «بهبود کارائی انرژی» است. با توجه به اینکه بهبود کارائی انرژی منجر به شکل‌گیری اثر بازگشتی می‌شود لذا بی-توجهی به آن موجب اریب در نتایج قابل‌انتظار می‌شود. با عنایت به این نکته، تلاش شد تا اثرات ناشی از بهبود ۵ درصدی کارائی حامل‌های مختلف انرژی (زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز طبیعی) در قالب مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه که مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی است، موردبررسی قرار گیرد. نتایج در دو بخش تبیین گردیدند بطوریکه در بخش اول، اثر بازگشتی کل اقتصاد ناشی از بهبود ۵ درصدی کارائی حامل‌های انرژی اندازه‌گیری شده و در بخش دوم، اثر بازگشتی کل اقتصاد به تفکیک بخش‌های تولیدی و تقاضای نهایی تجزیه شد. علاوه بر این، اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی نیز به تفکیک اثر جانشینی و اثر تولیدی تجزیه شدند.

نتایج بخش اول حاکی از آن است که با توجه به سهم مصرف انرژی (زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز طبیعی) بخش‌های تولیدی از مصرف انرژی کل اقتصاد، بهبود ۵ درصدی کارائی مصرف حامل‌های انرژی منجر به شکل‌گیری اثر بازگشتی کل اقتصاد معادل ۳۴، ۳۰، ۲۶، ۲۳ و ۱۸ درصد به ترتیب برای زغال‌سنگ، بنزین، گازوئیل، برق و گاز طبیعی می‌شود؛ بنابراین قابل استنباط است که به دنبال بهبود کارائی انرژی، لزوماً آن مقدار ذخیره انرژی اتفاق نمی‌افتد که مورد انتظار بوده است.

نتایج بخش دوم به تفکیک حامل‌های انرژی:

- ✓ زغال‌سنگ: از اثر بازگشتی ۳۴ درصدی مربوط به زغال‌سنگ، ۹۸/۸۰ درصد مربوط به بخش «تولید فلزات اساسی» بوده و بعدازآن بخش «معادن» با سهم ۱/۶۱ درصد قرار دارد. سهم بسیار بالای بخش «تولید فلزات اساسی» به خاطر شدت وابستگی تولیدات این بخش به مصرف زغال‌سنگ در قیاس با سایر بخش‌ها است.
- ✓ بنزین: از اثر بازگشتی ۳۰ درصدی مربوط به بنزین، ۸۰/۹۵ درصد مربوط به بخش «حمل‌ونقل» بوده و بعدازآن نهاد «خانوار» با سهم ۱۰/۸۲ درصد قرار دارد.
- ✓ گازوئیل: از اثر بازگشتی ۲۶ درصدی مربوط به گازوئیل، ۶۸/۸۲ درصد مربوط به بخش «حمل‌ونقل» بوده و بعدازآن بخش «کشاورزی» با سهم ۱۹/۲۳ درصد قرار دارد.
- ✓ برق: از اثر بازگشتی ۲۳ درصدی مربوط به برق، ۳۱/۹۳ درصد مربوط به بخش «بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی» بوده و بعدازآن بخش «سایر خدمات» با سهم ۲۶/۰۶ درصد قرار دارد.
- ✓ گاز طبیعی: از اثر بازگشتی ۱۸ درصدی مربوط به گاز طبیعی، ۲۸/۳۱ درصد مربوط به نهاد «خانوار» بوده و بعدازآن بخش «تولید فلزات اساسی» با سهم ۲۱/۴۱ درصد قرار دارد.

ملاحظه می‌شود که مصرف‌کنندگان بزرگ انواع حامل‌های انرژی، مشارکت‌کنندگان اصلی در اثر بازگشتی متناظر با هرکدام از حامل‌های انرژی نیز هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مربوط به تجزیه اثر بازگشتی بخشی به تفکیک اثر جانشینی و اثر تولیدی حاکی از آن است که بخش عمده اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی مربوط به اثر جانشینی بوده و اثر تولیدی نقش کم‌رنگی دارد. عبارت مذکور به این معنی است که بنگاه‌های اقتصادی در کوتاه‌مدت، برای آنکه بیشترین انتفاع را از بهبود کارائی حامل‌های انرژی داشته باشند از رویکرد جانشینی بین حامل‌های انرژی با سایر نهاده‌ها بهره گرفته و رویکرد توسعه ظرفیت‌های تولیدی را به دوره زمانی بلندمدت انتقال می‌دهند. با توجه به یافته‌ها می‌توان پیشنهاد کرد که اولاً دولتمردان باید علاوه‌بر سیاست‌های قیمتی مدیریت تقاضای انرژی (که قبلاً آزموده شده‌اند) به سیاست‌های غیرقیمتی نیز توجه کنند زیرا این سیاست‌ها نیز از توانایی بالایی در مدیریت تقاضای انرژی و کاهش مصرف آن برخوردارند. ثانیاً دولتمردان و سیاست‌مداران قبل از هرگونه برنامه‌ریزی برای بهبود کارائی انواع حامل‌های انرژی، به کل اثر بازگشتی و همچنین اثرات جانشینی و تولیدی ناشی از آن توجه کنند تا برنامه‌ریزی‌های انجام‌شده به اهداف مدنظر آن‌ها دست یابد و متحمل هزینه‌هایی نشوند که متناظر با اهداف مدنظرشان نبوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

آمارنامه فرآورده‌های نفتی، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.

ترازنامه انرژی (۱۳۹۴). وزارت نیرو.

خوشکلام خسروشاهی، موسی (۱۳۹۳). «اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارائی مصرف بنزین و گازوئیل در ایران با تأکید بر بخش حمل‌ونقل: رویکرد مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۳(۱۱)، ۱۳۱-۱۵۸.

خیابانی، ناصر (۱۳۸۷). «یک الگوی تعادل عمومی قابل‌محاسبه برای ارزیابی افزایش قیمت حامل‌های انرژی در اقتصادی ایران»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۱۶، ۳۴-۱.

دل‌انگیزان، سهراب؛ خانزادی، آزاد و حیدریان، مریم (۱۳۹۶). «برآورد و تحلیل اثرات بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارائی مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد کاربردی ایران*، ۶(۲۱)، ۱۷۲-۱۴۹.

دل‌انگیزان، سهراب؛ خانزادی، آزاد و حیدریان، مریم (۱۳۹۷). «محاسبه اثرات بازگشتی مستقیم CO2 ناشی از بهبود کارائی مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل استان‌های ایران»، *تحقیقات اقتصادی*، ۵۳(۴)، ۸۲۸-۸۰۵.

سالم، علی‌اصغر و اکابری، مهدی (۱۳۹۶). «برآورد اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارائی مصرف برق در بخش خانگی مناطق شهری ایران»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۶(۲۲)، ۴۵-۷۴.

سلیمیان، زهره؛ بزازان، فاطمه و موسوی، میرحسین (۱۳۹۶). «اثرات بهبود کارائی سوخت‌های فسیلی در صنایع انرژی‌بر: رویکرد تعادل عمومی محاسبه‌پذیر پویای بین زمانی»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۶(۲۱)، ۲۰۰-۱۶۳.

شیرانی‌فخر، زهره (۱۳۹۶). «برآورد کشش‌های قیمتی و تولیدی تابع تقاضای گاز طبیعی در زیربخش صنایع تولید فلزات اساسی ایران»، *فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۳۰، ۲۱۸-۱۶۹.

فتحی، بهرام؛ خداپرست مشهدی، مهدی؛ همایونی‌فر، مسعود و سجادی‌فر، حسین (۱۳۹۸). «ارائه الگوی کارایی انرژی در اقتصاد ایران با استفاده از رویکرد بهینه‌یابی پویا»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد کاربردی ایران*، ۸(۲۹)، ۹۷-۱۲۱.

ماتریس حسابداری اجتماعی (۱۳۸۷)، بانک مرکزی.

Amjadi, G., Lundgren, T. and Persson, L. (2018). "The Rebound Effect in Swedish Heavy Industry", *Energy Economics*, 71, 140-148.

Battacharyya, S. (2011). *Energy Economics: concepts, issues*, markets and governance, Springer.

Lofgren, H. (2002). *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*, International Food Policy Research Institute.

Orea, L., Llorca, M., Filippini, M. (2015). "A new approach to measuring the rebound effect associated to energy efficiency improvements: an application to the US residential energy demand". *Energy Economics*, 49: 599-609.

Sorrell, S. (2007). *UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect*, UKERC.

Thomas, B. and Azevedo, I. (2013). "Estimating direct and indirect rebound effects for U.S. households with input–output analysis". *Part 2: Simulation, Ecological Economics*, 86, 188-198.

www.SID.ir

Archive of SID

Wang, Z., Lu, M. and Wang, J. (2014), "Direct rebound effect on urban residential electricity use: An empirical study in China", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 124-132.

Wei, TY, Liu Y. (2017), "Estimation of global rebound effect caused by energy efficiency improvement". *Energy Economics*, 66: 27-34.

World Development Indicators, WDI

Zhou, M., Liu, Y., Feng, S., Liu, Y. and Lu, Y. (2018). "Decomposition of rebound effect: An energy-specific, general equilibrium analysis in the context of China", *Applied Energy*, 221, 280-298.

www.SID.ir

Archive of SID

پیوست ۱: معادلات مدل CGE

معادلات مربوط به تولید

$$AD_a = {\alpha_a}^{a}\left[\sum_i {\delta_{i,a}}^{ad}\cdot(VAEINT_{i,a})^{-{\rho_a}^{ad}}\right]^{\frac{-1}{{\rho_a}^{ad}}}$$

$$VAEINT_{i,a} = AD_a\cdot\left[\frac{PVAEINT_{i,a}}{PAD_a}\cdot\frac{({\alpha_a}^{ad})^{{\rho_a}^{ad}}}{{\delta_{i,a}}^{ad}}\right]^{\frac{-1}{1+\rho_a^{ad}}}$$

$$PAD_a\cdot AD_a = \sum_i PVAEINT_{i,a}\cdot VAEINT_{i,a}$$

$$QE_a = {\alpha_a}^{ve}\left[\sum_e {\delta_{e,a}}^{ve}\cdot(QFE_{e,a})^{-{\rho_a}^{ve}}\right]^{\frac{-1}{{\rho_a}^{ve}}}$$

$$PEE_a\cdot QVE_a = \sum_e PDE_{e,a}\cdot QFE_{e,a}$$

$$WF_f\cdot\overline{WFDIST_{f,a}} = PVA_a\cdot QVA_a\left[\sum_f {\delta_{f,a}}^{va}QF_{f,a}^{-{\rho_a}^{va}}\right]^{-1}\cdot{\delta_{f,a}}^{va}\cdot QF_{f,a}^{-{\rho_a}^{va}-1}$$

$$QINT_{c,a} = \alpha_{c,a}^{\text{int}}\cdot QINTA_a$$

$$QVA_a = {\alpha_a}^{va}\left[\sum_f {\delta_{f,a}}^{va}QF_{f,a}^{-{\rho_a}^{va}}\right]^{\frac{-1}{{\rho_a}^{va}}}$$

$$QFE_{e,a} = QE_a\cdot\left[\frac{PDE_{e,a}}{PEE_a}\cdot\frac{({\alpha_a}^{ve})^{{\rho_a}^{ve}}}{{\delta_{e,a}}^{ve}}\right]^{\frac{-1}{1+\rho_a^{ve}}}$$

معادلات مربوط به دولت، خانوارها و شرکت‌ها

$$YG = \sum_{INSDNG} tins_{INSDNG}\cdot YI_{INSDNG} + \sum_f YIF_{gov,f} + \sum_c PM_c\cdot QM_c + PD_c\cdot QD_c$$
$$-\sum_c PM_c\cdot QM_c + PD_c\cdot QD_c + \sum_c EXR\cdot PWM_c\cdot QM_c + \sum_c EXR\cdot PWE_c\cdot QE_c$$
$$-\sum_c EXR\cdot PWM_c\cdot QM_c + EXR\cdot trnsfr_{gov,ROW} + trnsfr_{gov,enter}$$

$$YF_f = \sum_a WF_f.WFDIST_{f,a}.QF_{f,a}$$

$$YI_{INSDNG} = \sum_f YIF_{INSDNG,f} + \sum_{INSDNG'} TRANS_{INSDNG,INSDNG'} + trnsfr_{INSDNG,gov} + trnsfr_{INSDNG,ROW}\cdot EXR$$

$$TRANS_{INSDNG,INSDNG'} = S_{INSDNG,INSDNG'}\cdot(1-MPS_{INSDNG'})\cdot(1-tins_{INSDNG'})\cdot YI_{INSDNG'}$$

$$YIF_{INSD,f} = mm_{INSD,f}\cdot((\sum_a WF_f\cdot\overline{WFDIST_{f,a}}\cdot QF_{f,a}) - trnsfr_{ROW,f}\cdot EXR)$$

$$EG = \sum_{INSDNG} trnsfr_{INSDNG,gov} + \sum_c P_c\cdot QG_c$$

www.SID.ir

Archive of SID

معادلات مربوط به تجارت خارجی

$$PX_c \cdot XD_c = PE_c \cdot QE_c + PD_c \cdot QD_c$$

$$XD_c = B_c\left[\gamma_c \cdot QE_c^{\rho_c^T} + (1-\gamma_c)\cdot QD_c^{\rho_c^T}\right]^{\frac{1}{\rho_c^T}}$$

$$XD_c = \sum_a \theta_{a,c}.AD_a$$

$$X_c = D_c\left[\psi_c \cdot QM_c^{-\rho_c^c} + (1-\psi_c)\cdot QD_c^{-\rho_c^c}\right]^{\frac{-1}{\rho_c^c}}$$

$$\frac{QE_c}{QD_c} = \left[\frac{1-\gamma_c}{\gamma_c}\cdot\frac{PE_c}{PD_c}\right]^{\frac{1}{\rho_c^T-1}}$$

$$PE_c = PWE_c \cdot EXR \cdot (1-te_c)$$

$$PM_c = PWM_c \cdot EXR \cdot (1+tm_c)$$

$$\frac{QM_c}{QD_c} = \left[\frac{\psi_c}{1-\psi_c}\cdot\frac{PD_c}{PM_c}\right]^{\frac{1}{\rho_c^C+1}}$$

$$P_c \cdot X_c = PM_c \cdot QM_c + (PD_c \cdot QD_c)\cdot(1+tq_c+sq_c)$$

معادلات مربوط به تسویه بازار

$$X_c = \sum_h QH_{c,h} + QINV_c + QG_c + \sum_a QINT_{c,a}$$

$$\sum_{c\in CM} PWM_c.QM_c = \sum_{c\in CE} PWE_c.QE_c + FSAV + \sum_i trnsfr_{i,ROW}$$

$$GSAV = YG - EG$$

$$\sum_a QF_{f,a} = QFS_f$$

$$\sum_{i\in INSDNG} (MPS_i.(1-tins_i).YI_i) + GSAV + FSAV = \sum_c P_c.QINV_c$$

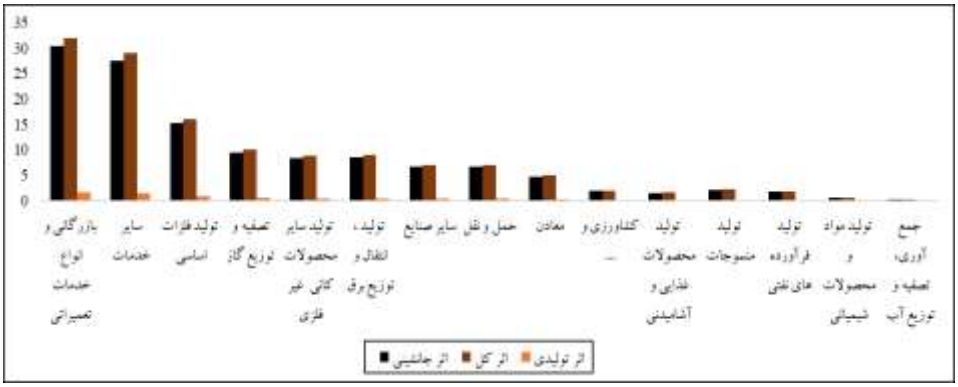
www.SID.ir

Archive of SID

پیوست ۲

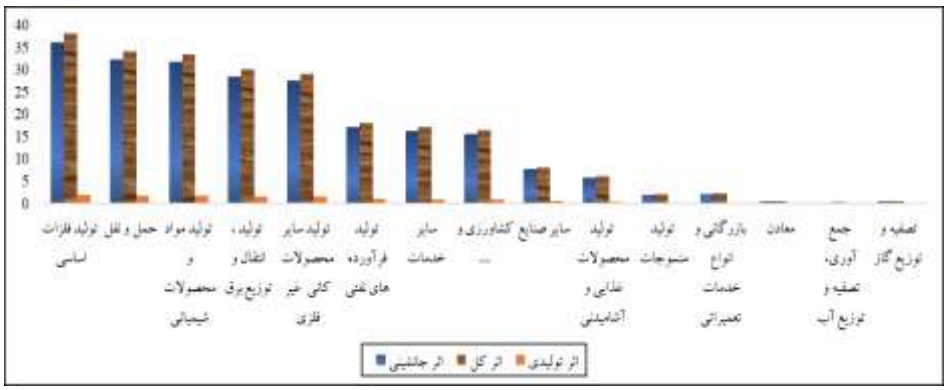
نمودار ۸: اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک جانشینی و تولیدی (گازوئیل) - درصد

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۹: اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک جانشینی و تولیدی (برق) - درصد

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۱۰: اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی به تفکیک جانشینی و تولیدی (گاز طبیعی) - درصد

منبع: محاسبات تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

Applied Economics Studies, Iran (AESI) 157

Volume 8, Number 30, Summer 2019

A Computable General Equilibrium Model for the Decomposition of the Energy Carriers Rebound Effect in the Iranian Economy

Khoshkalam Khosroshahi, M.[1*]

Abstract

Statistical evidence of energy carriers (which are used in the production of goods and services and final demand components) indicates that their consumption in Iran is higher than the average in the world and is less energy-efficient, so demand side management (DSM) is essential. Among DSM methods, improving energy efficiency is an important approach in the global economy. Assuming an improvement of 5% efficiency of energy carriers, the purpose of this paper is to provide (1) Estimating the total rebound effect (RE) of the economy and its decomposition by product and final demand (2) decomposition RE of the manufacturing sectors by the substitution and output effects. Methodology based on a two-stage approach, including the analysis of the economic RE on the segmentation of the manufacturing sectors and final demand, as well as the decomposition of economic sector's RE on the substitution and output effects. The results show that the overall economic RE for coal, gasoline, diesel, electricity and natural gas is 34, 30, 26, 23 and 18 percent, respectively, so that expected energy savings are not achieved after energy (especially coal, gasoline, diesel, electricity and natural gas) efficiency improvement. The results indicate that the most energy-dependent parts also had the most RE. Also, the findings show that, in the short term, economic firms, in order to have the most benefit from improving the efficiency of energy carriers), use a substitution approach between energy carriers (including coal, gasoline, diesel, electricity and natural gas) and other inputs, and development of production capacity is transferred to a long period of time.

Keywords: Rebound Effect, Economic Modelling, CGE, Efficiency Improvement, Energy Carriers

JEL Classification: C23, C68, Q41.

1. Assistant Professor of Economics, Alzahra University **Email:** m.khosroshahi@alzahra.ac.ir

www.SID.ir