بررسی آثار اقتصادی بکارگیری سیاست‌های غیرقیمتی در مصرف حامل‌های انرژی

موسی خوشکلام خسروشاهی[1]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۰۴

چکیده

علاوه بر سیاست‌های قیمتی، سیاست‌های غیرقیمتی همانند بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی می‌توانند نقش موثری در کاهش مقدار مصرف انرژی و افزایش استفاده بهینه از انرژی در کشور داشته باشند. طبق ادبیات اقتصاد انرژی، بهبود کارایی در مصرف انرژی توام با اثرات بازگشتی هستند که در آن عایدی‌های انتظاری ناشی از بهبود در کارایی مصرف انرژی تا حدودی خنثی می‌شوند. هدف مقاله ارزیابی آثار اقتصادی ناشی از بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی (بنزین، گازوئیل و برق) به‌عنوان سیاستی غیرقیمتی است. برای این منظور از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه مبتنی بر ماتریس حسابداری احتماعی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی باعث می‌شود تا بیشترین اثرات بازگشتی (مربوط به بنزین) در بخش حمل‌ونقل با ۲۹/۸ درصد، بیشترین اثرات بازگشتی (مربوط به گازوئیل) در بخش حمل‌ونقل با ۲۴/۷ درصد و بیشترین اثرات بازگشتی (مربوط به برق) در بخش سایر خدمات با ۲۴/۵ درصد رخ دهد. اثرات بازگشتی مربوط به بخش خانوار نیز در مورد

۱. استادیار دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا (نویسنده مسئول) m.khosroshahi@alzahra.ac.ir

بنزین، گازوئیل و برق به ترتیب برابر با ۲۳/۱، ۱۷/۸ و ۲۷/۹ درصد می‌باشند. همچنین بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی باعث می‌شود تا بیشترین افزایش در سطح تولید بخش‌های اقتصادی مربوط به بنزین، گازوئیل و برق به ترتیب در بخش‌های «حمل‌ونقل»، «حمل‌ونقل» و «سایر خدمات» با ۰/۶۲، ۰/۵۱ و ۰/۳۲ درصد باشند. علاوه بر این، بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف بنزین، گازوئیل و برق باعث می‌شود تا تولید ناخالص داخلی به ترتیب معادل ۰/۱۷، ۰/۱۵ و ۰/۱۱ درصد با افزایش همراه باشد.

واژه‌های کلیدی: حامل‌های انرژی، کارایی مصرف و مدل تعادل عمومی قابل محاسبه.
طبقه‌بندی JEL: R22، Q43، C68.

۱. مقدمه

ادبیات اقتصاد انرژی حاکی از اهمیت وافر انواع حامل‌های انرژی در برطرف کردن نیازهای بخش‌های مختلف اقتصادی و خانوارها می‌باشد. انواع حامل‌های انرژی شامل بنزین، نفت سفید، گازوئیل، نفت کوره، گازهای مایع (به عنوان فرآورده‌های نفتی) در کنار گاز طبیعی و برق نقش موثری در توسعه فعالیت‌های مختلف اقتصادی داشته ضمن اینکه بعضاً سهم قابل توجهی در تقاضای نهایی خانوار نیز دارند. تأمل در مصرف مهم‌ترین حامل‌های انرژی (بنزین، گازوئیل و برق) در اقتصاد ایران نشان می‌دهد بنزین و گازوئیل عمدتاً در بخش‌های حمل‌ونقل (شامل حمل‌ونقل خانوار نیز می‌شود) مورد استفاده قرار گرفته و برق نیز عمدتاً توسط صنایع مختلف و بخش خانوار مصرف می‌شوند.

آمارهای ارائه شده در جدول (۱) حاکی از اهمیت حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران هستند. طبق آخرین ترازنامه انرژی منتشر شده توسط وزارت نیرو که مربوط به سال ۱۳۹۳ است، در این سال حدود ۹۹ درصد مصرف بنزین مربوط به بخش حمل‌ونقل، حدود ۵۷ درصد مصرف گازوئیل مربوط به بخش حمل‌ونقل و حدود ۳۴ درصد مصرف برق مربوط به صنایع و معادن بوده است ضمن اینکه حدود ۳۲ درصد از مصرف برق نیز توسط خانوارها بوده است. با توجه به آمارهای حساب‌های ملی در سال ۱۳۹۳، حدود ۴۵ درصد تولید ناخالص داخلی در سه بخش حمل و نقل، کشاورزی و صنایع و معادن بوده است.

جدول(۱). سهم بخش‌های مختلف از مصرف حامل‌های انرژی و تولید ناخالص داخلی سال ۱۳۹۳ (درصد)

بخش	بنزین	گازوئیل	برق	سهم از GDP
حمل و نقل	۹۹/۶۴	۵۶/۹	۰/۱۷	۱۱
کشاورزی	۰/۰۰۵	۹/۲۵	۱۶	۷
صنایع و معادن	۰/۱۸	۷/۰۷	۳۴	۲۷
خانوار	–	۰/۲۶	۳۲	۴۴*
سایر بخش‌ها	۰/۱۷۵	۲۶/۵۲	۱۷/۸	–
جمع	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۱۰۰**	–

*. هزینه‌های مصرف نهایی بخش خصوصی

منبع: ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۳ و حساب‌های ملی بانک مرکزی سال ۱۳۹۳ (به قیمت ثابت ۱۳۹۰)

جدول (۲) شامل برخی آمار مقایسه‌ای از مقدار مصرف حامل‌های انرژی و کارایی مصرف آنها در سال ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ است. وضعیت ایران در همه شاخص‌ها (شاخص‌های مربوط به مقدار مصرف و شاخص مربوط به کارایی مصرف انرژی[۱]) نسبت به متوسط کشورهای اوپک و کشورهای خاورمیانه نامناسب است.

جدول(۲). آمار مقایسه‌ای انرژی

کشور/منطقه	مصرف بنزین (میلیون لیتر در روز)	مصرف سرانه برق (کیلو وات ساعت)	سرانه مصرف نهایی انرژی (تن معادل نفت خام/نفر)	شدت مصرف انرژی (مگاژول/GDP PPP دلار)[۲]
	۲۰۱۶	۲۰۱٤	۲۰۱٤	۲۰۱٤
کشورهای عضو اوپک	۲۹	۲۴۸۹	۱/۸۳	۴,۹
کشورهای خاورمیانه	۲۱	۱۶۸۷	۱/۱۸	۵/۱
ایران	۶۸	۲۹۸۶	۱/۹۱	۷/۷

منبع: اداره اطلاعات انرژی آمریکا[۳]، شاخص‌های توسعه جهانی[۴] و Jodi Database

با عنایت به آمارهای فوق‌الذکر دو نکته قابل ذکر است اولاً مقدار مصرف انرژی در ایران نسبت به متوسط کشورهای عضو اوپک و خاورمیانه بالا است ثانیاً کارایی مصرف انرژی در ایران نسبت به متوسط کشورهای عضو اوپک و خاورمیانه پایین است بنابراین ضرورت تمهیدات جدی برای نزدیک‌تر کردن شاخص‌های داخلی به شاخص‌های بین‌المللی ضروری است. در این راستا دو دسته سیاست، قابل برنامه‌ریزی و اجرا است که عبارتند از سیاست‌های قیمتی و سیاست‌های غیرقیمتی. به عنوان نمونه‌ای از سیاست‌های قیمتی شاهد بودیم که در سال ۱۳۸۹ قانون هدفمندکردن یارانه‌ها به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید و اجرایی شد اما با گذشت بیش از شش سال از اجرای این قانون، میزان مصرف انرژی کاهش نیافته[۵] و شدت مصرف نهایی انرژی نیز افزایش یافته است[۱].

---

۱. شدت مصرف انرژی (Energy Intensity) به عنوان شاخصی از کارایی مصرف انرژی می‌باشد.

۲. شدت مصرف انرژی عبارت است از مقدار انرژی مصرف شده برای هر واحد تولید ناخالص داخلی.

3. EIA (Energy Information Administration)

4. World Development Indicators (WDI)

۵. مصرف بنزین از ۶۱ میلیون لیتر در روز در سال ۱۳۸۹ به ۶۸ میلیون لیتر در روز در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. (ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۳ و Jodi Database)

بنابراین ضروری است که با تغییر رویکرد نسبت به این مسأله، به سیاست‌های غیرقیمتی نیز توجه جدی شود. یکی از سیاست‌های مهم غیرقیمتی مربوط به بهبود کارایی مصرف انواع حامل‌های انرژی است.

با توجه به اینکه بهبود در کارایی مصرف حامل‌های انرژی توام با آثار و تبعاتی بر اقتصاد کشور است، از اینرو تلاش می‌شود تا آثار اقتصادی ناشی از بهبود کارایی[۲] مصرف حامل‌های انرژی (بنزین، گازوئیل و برق) بر تولید بخش‌های مختلف اقتصادی[۳]، تولید ناخالص داخلی و همچنین تقاضای بخش‌های مختلف و خانوارها از حامل‌های انرژی مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفته و ضمناً اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف حامل‌های انرژی نیز در بخش‌های مختلف اقتصادی و خانوارها محاسبه گردند. برای دستیابی به اهداف مد نظر از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)[۴] استفاده می‌شود. با توجه به اینکه بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی باعث می‌شود تا تمامی بخش‌های اقتصادی و خانوارها تحت تاثیر قرار گیرند، بنابراین بکارگیری مدل‌های تعادل جزئی نتایج اریب‌داری را ارائه کرده و ضروری است تا از مدل تعادل عمومی استفاده گردد[۵].

۲. اثرات بازگشتی

یکی از مفاهیم مهم در ادبیات اقتصاد انرژی، اثرات بازگشتی[۶] است. اثرات بازگشتی به این معنی است که اثرگذاری بهبود کارایی مصرف انرژی بر میزان مصرف انرژی کمتر از آن مقداری است که (قبل از بهبود کارایی مصرف انرژی) انتظار می‌رفت. دلیل این

---

۱. شدت مصرف نهایی انرژی کشور از ۰٫۵ بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال در سال ۱۳۸۹ به ۰٫۵۷ بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. (ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۳)

۲. منظور از کارایی، کارایی فنی است.

۳. بخش مختلف عبارتند از: کشاورزی؛ استخراج نفت خام و گاز طبیعی؛ سایر معادن؛ تولید فرآورده‌های نفتی؛ تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی؛ تولید فلزات اساسی؛ تولید، انتقال و توزیع برق؛ جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب؛ سایر صنایع؛ حمل‌ونقل؛ بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی؛ سایر خدمات.

4. Computable General Equilibrium (CGE)

5. Devarajan, S.

6. Rebound Effects

رویداد، مربوط به کاهش قیمت موثر انرژی در نتیجه بهبود کارایی مصرف انرژی است زیرا با کاهش قیمت موثر انرژی، مصرف انرژی افزایش یافته و باعث می‌شود تا اندکی از کاهش انتظاری در مقدار مصرف انرژی خنثی شود[۱]. همین نکته از اهمیت زیادی برخوردار بوده بطوریکه وجود اثرات بازگشتی باعث می‌شود تا عواید بهبود کارایی مصرف انرژی کاهش یافته و حتی این امکان است تا اثربخشی سیاست‌های بهبود کارایی مصرف انرژی با چالش مواجه شوند. برای اثرات بازگشتی تعاریف متعددی آورده شده‌اند که در یکی از این تعاریف، اثر بازگشتی عبارت است از مکانیزم‌هایی که بعد از بهبود کارایی مصرف انرژی، باعث می‌شوند تا مقدار ذخیره انرژی ناشی از بهبود کارایی کمتر از حد مورد انتظار باشد[۲].

گرینینق[۳] و همکاران در سال ۲۰۰۰ برای نخستین بار اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف انرژی را به دو دسته اثرات بازگشتی مستقیم و اثرات بازگشتی غیرمستقیم تقسیم کردند. مجموع اثرات بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف انرژی را اثرات بازگشتی کل می‌نامند که مقدار آن وابسته به اندازه، ماهیت و نوع بهبود کارایی مصرف انرژی است. اثرات بازگشتی مستقیم، ابتدا توسط خازوم[۴] در سال ۱۹۸۰ مطرح شد و از آن زمان مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفت. تقسیم‌بندی اثرات بازگشتی در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، تنها در صورتی کاهش انتظاری و کاهش واقعی مصرف انرژی در نتیجه بهبود کارایی مصرف انرژی برابر خواهند بود که اثرات بازگشتی صفر باشد.

1. Grepperud and Rasmussen
2. Sorrell
3. Greening
4. Khazzoom

شکل(۱). تقسیم‌بندی اثرات بازگشتی

منبع: سورل، ۲۰۰۷[1].

اثرات بازگشتی از پنج عنصر تشکیل شده است: (۱). اثر جانشینی: اثر جانشینی عبارت است از جانشین کردن انرژی با سایر کالاها و خدمات (توسط مصرف‌کنندگان) و یا سایر نهاده‌ها (توسط تولیدکنندگان) در نتیجه بهبود کارایی مصرف انرژی (کاهش قیمت موثر انرژی). (۲). اثر درآمدی: اثر درآمدی عبارت است از افزایش درآمد در دسترس در نتیجه کاهش قیمت موثر انرژی که باعث تاثیرگذاری بر مصرف همه کالاها می‌شود. (۳). اثرات ثانویه (داده –ستانده، محصول و یا رقابت‌پذیری)[2]: در این نوع اثر، بهبود کارایی مصرف انرژی باعث کاهش هزینه تولید کالاهای انرژی‌بر می‌شود. در نتیجه این امر، تقاضا برای این کالاها و به تبع آن تقاضا برای انرژی افزایش می‌یابد. (۴) اثرات گستره اقتصاد (اثرات تعدیل‌کننده قیمتی و مقداری برای تسویه بازار – به‌خصوص در بازارهای سوخت)[3]: اگر بهبود کارایی انرژی باعث کاهش تقاضای آن شود، قیمت انرژی کاهش یافته و در نتیجه‌ی کاهش قیمت انرژی، انرژی بیشتری تقاضا خواهد شد. (۵) اثرات تبدیلی[4]: اثرات تبدیلی عبارتند از تغییرات در ترجیحات مصرف‌کنندگان و بازآرایی ساختار تولیدی اقتصاد بدنبال تغییرات تکنولوژیکی ناشی از بهبود کارایی مصرف انرژی. دو اثر اولیه را (که در برخی

1 .Sorrell

2. Secondary Effects (Input – Output Effects)
3. Market Clearing Price and Quantity Adjustments or Economy Wide Effects
4. Transformational Effects

مطالعات اثرات بازگشتی مستقیم نیز نامیده شده‌اند[1]) اثرات خرد گویند که در سطح خانوار و بنگاه رخ می‌دهند سه اثر بعدی را اثرات کلان گویند که ناشی از تعاملات بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان در کل اقتصاد است (خوشکلام خسروشاهی و همکاران؛ ۱۳۹۴).

اندازه اثر بازگشتی کل معمولاً عددی بین صفر و ۱۰۰ درصد است البته این احتمال وجود دارد که عددی بیش از ۱۰۰ درصد و حتی منفی شود. چنانچه اثر بازگشتی عددی بین صفر و ۱۰۰ درصد باشد نشان از آن دارد که پیرو بهبود کارایی انرژی، کاهش مصرف انرژی کمتر از حد مورد انتظار است. چنانچه اندازه اثر بازگشتی منفی باشد نشان می‌دهد که بدنبال بهبود کارایی مصرف انرژی، کاهش مصرف انرژی بیش از حد مورد انتظار است. نهایتاً چنانچه اندازه اثر بازگشتی بیش از ۱۰۰ درصد باشد نشان می‌دهد که بدنبال بهبود کارایی انرژی، نه تنها مصرف انرژی کاهش نیافته بلکه افزایش نیز یافته است. حالت اخیر را اثرات معکوس[2] عنوان می‌کنند که اولین بار توسط جوونز (۱۸۶۵)[3] شناسایی شده و به "پارادوکس جوونز[4]" نیز معروف است.[5]

۳. مروری بر پیشینه تحقیق

برخی از مهمترین مطالعات خارجی مرتبط با موضوع مقاله حاضر عبارتند از: آلان و همکاران (۲۰۰۷)[6] در تحقیقی با عنوان تاثیر افزایش کارایی در مصرف صنعتی انرژی برای انگلستان به این نتیجه دست یافتند که چنانچه بهبود کارایی ۵ درصد در مصرف انرژی در واحدهای صنعتی انگلستان رخ دهد آنگاه اثرات بازگشتی ۳۰ الی ۵۰ درصدی به همراه خواهد داشت. مدل مورد استفاده در این تحقیق مبتنی بر ۲۵ کالا و بخش بوده که ۵ بخش

1. Hertwich, E
2. Backfire Effects
3. Jevons
4. Jevons Paradox
5. Allen et. al
6. Allan, G. et. al

آنها تولیدکننده کالاهای انرژی هستند. هن‌لی، مک‌گرگور، اسویلز و ترنز (۲۰۰۹)[1] در مطالعه خود به بررسی اثرگذاری افزایش کارایی مصرف انرژی بر بهبود در کیفیت محیط‌زیست پرداختند. نتایج نشان می‌دهند که بهبود کارایی مصرف انرژی در بخش‌های تولیدی، باعث پیدایش اثرات بازگشتی می‌شود که در نتیجه آن مصرف انرژی افزایش یافته و نسبت GDP به انتشار CO_2 کاهش می‌یابد. توماس و آزودو (۲۰۱۳)[2] در تحقیقی به برآورد اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف انرژی مسکونی در ایالت متحده پرداختند. نتایج این مطالعه که با رویکرد داده – ستانده برای سال ۲۰۰۴ بود نشان می‌دهند که اثرات بازگشتی حدود ۳۵ درصد است. لین و لی (۲۰۱۴)[3] در مطالعه‌ای به ارزیابی اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی در صنایع سنگین کشور چین پرداختند. نتایج عملی نشان می‌دهند که اثرات بازگشتی در صنایع سنگین کشور چین حدود ۷۴ درصد است. این رقم آشکار می‌سازد که بهبود کارایی انرژی می‌تواند به ذخیره انرژی کمک کند چراکه اثرات بازگشتی کمتر از ۱۰۰ درصد است. یافته‌ها نشان می‌دهند که اصلاحات قیمت‌گذاری انرژی و مالیات‌های انرژی بایستی برای دستیابی به صرفه‌جویی موثر در انرژی مد نظر باشند. لو، لیو و ژو (۲۰۱۶)[4] در مطالعه خود به ارزیابی اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انواع حامل‌های انرژی با استفاده از یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه برای کشور چین پرداخته‌اند. در این تحقیق فرض شده است بهبود کارایی ۵ درصد در پنج نوع حامل انرژی در ۱۳۵ بخش تولیدی کشور چین رخ دهد. نتایج نشان می‌دهند که بهبود کارایی انرژی مربوط به برق دارای بیشترین اثر مثبت بر تولید ناخالص داخلی در بین تمامی حامل‌های انرژی است. ضمن اینکه هیچ‌گونه اثرات معکوس[5] نیز مشاهده نمی‌شود. مقاله بیان می‌کند که سیاست‌گذاران در چین بایستی در بلندمدت نسبت به کوتاه‌مدت توجه ویژه‌ای به اثرات بازگشتی داشته باشند. منظور و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه خود به تحلیل

1. Hanley, N,. McGregor, P., Swales, K. and Turner, K.
2. Thomas, B. and Azevedo, I.
3. Lin, B., Li, J.
4. Lu, Y., Liu, Y. and Zhou, M.
5. Backfire Effects

اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصارف برق در ایران پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که ۱۰ درصد بهبود کارایی در مصارف برق بطور متوسط ۱۴/۲ درصد اثرات بازگشتی را در اقتصاد ایران به همراه خواهد داشت. خوشکلام خسروشاهی، جهانگرد و عابدیان (۱۳۹۴) به ارزیابی اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که بهبود ۵ درصد در کارایی مصرف بنزین حدود ۱۲ درصد اثرات بازگشتی به همراه دارد.

٤. ساختار مدل CGE

با توجه به مباحثی که اشاره شد، به بررسی آثار اقتصادی ناشی از بهبود کارایی مصرف حامل‌های انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی (جدول ۳) و خانوارها پرداخته می‌شود. برای این منظور از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) که در آن اقتصاد ایران اقتصادی باز و کوچک فرض شده است، استفاده می‌شود. امروزه مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه دارای موارد کاربرد متنوعی هستند که یکی از این حوزه‌ها، اقتصاد انرژی است. مدل‌های مذکور دارای این توانایی هستند تا بطور همزمان آثار مستقیم و غیرمستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف حامل‌های انرژی را در بخش‌های مختلف لحاظ نمایند. کالیبراسیون این نوع مدل‌ها به نحوی است که ویژگی‌های ساختاری و رفتاری هر اقتصادی را به خوبی منعکس کرده و ابزار مفیدی برای اندازه‌گیری اثرات مختلف ناشی از هر نوع سیاست اقتصادی (از جمله بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی) است.

در این مقاله از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)[1] سال ۱۳۸۷ بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استفاده می‌شود. این ماتریس در قالب ساخت و جذب بوده و مشتمل بر ۵۳ بخش تولیدی، ۱۱۲ کالا و خدمات، عوامل تولید، نهادها و ... است اما با توجه به نیاز مطالعه حاضر، ماتریس مذکور به ماتریسی با ۱۲ بخش تولیدی و ۱۴ کالا و خدمت تجمیع شده است. جزئیات مربوط به بخش‌های تولیدی

1. Social Accounting Matrix (SAM)

و کالاها و خدمات در جدول (۳) گزارش شده‌اند. دو زیربخش از بخش معدن، شش زیربخش از بخش صنعت و سه زیربخش از بخش خدمات در نظر گرفته شده‌اند.

جدول(۳). بخش‌ها و کالاها و خدمات مربوطه

ردیف	بخش (a)	کالاها و خدمات (c)
۱	کشاورزی و ...	محصولات کشاورزی و ...
۲	استخراج نفت خام و گاز طبیعی	نفت خام و گاز طبیعی
۳	سایر معادن	محصولات معدنی
۴	تولید فرآورده‌های نفتی	بنزین
		گازوئیل
		سایر فرآورده‌های نفتی
۵	تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	محصولات کانی غیرفلزی (شیشه، سیمان و ...)
۶	تولید فلزات اساسی	محصولات فلزات اساسی
۷	تولید، انتقال و توزیع برق	برق
۸	جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب	آب
۹	سایر صنایع	محصولات سایر صنایع
۱۰	حمل ونقل	خدمات حمل ونقل
۱۱	بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی	خدمات بازرگانی و ...
۱۲	سایر خدمات	خدمات

منبع: فروض تحقیق

یکی از مهمترین نکاتی که در هر مدل تعادل عمومی قابل محاسبه مد نظر می‌باشد تعیین مقادیر مربوط به پارامترهای مورد نیاز برای اجرای مدل است. پارامترهای مورد نیاز در مدل تعادل عمومی قابل محاسبه عبارتند از پارامترهای سهم و پارامترهای کشش. برای تعیین پارامترهای سهم از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۷ بانک مرکزی استفاده شده است. به‌عبارت دیگر، پارامترهای سهم با استفاده از داده‌های موجود در ماتریس حسابداری اجتماعی کالیبره شده‌اند. برای تعیین پارامترهای کشش نیز مطالعات قبلی از جمله منظور و همکاران (۱۳۸۹)، عمر الشهابی (۲۰۱۳)[1]، خیابانی (۱۳۸۷)، جنسن و تار

1. Alshehabi, O.

(۲۰۰۲)[1] مورد استفاده قرار گرفته‌اند بطوریکه کشش جانشینی بین نیروی‌کار و سرمایه برابر با ۰/۷، کشش جانشینی بین کالاهای ۱ تا n برابر با ۰، کشش تابع آرمینگتون برابر با ۲، کشش تابع تبدیل برابر با ۰/۵، کشش جانشینی بین انرژی و ارزش افزوده برابر با ۰/۵، کشش جانشینی بین انرژی-ارزش افزوده و کالاهای واسطه‌ای برابر با ۰/۴ و کشش جانشینی بین حامل‌های انرژی برابر با ۰/۸ در نظر گرفته شده‌اند.

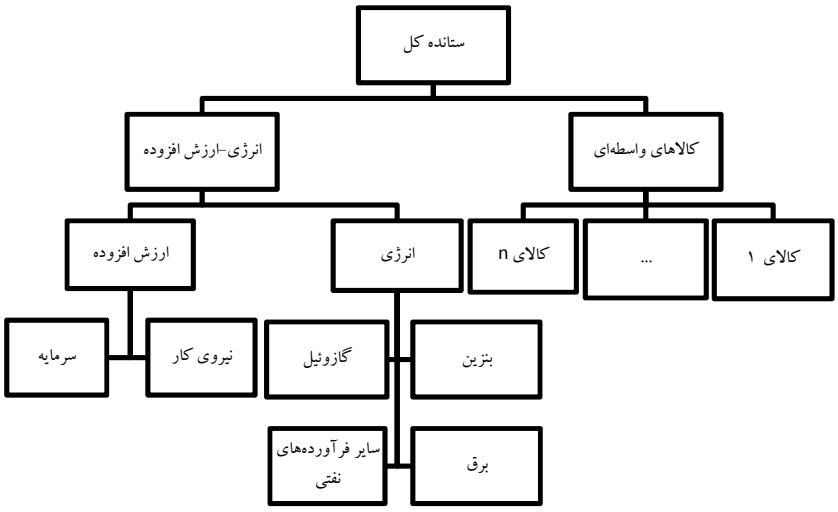
مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) از بلوک‌های مختلفی تشکیل شده است. بلوک تولید، بلوک نهادها (خانوارها، دولت، شرکت‌ها و دنیای خارج)، بلوک تجارت خارجی، بلوک سرمایه‌گذاری و بلوک قیود بطور مجزا در ادامه توضیح داده شده‌اند. با توجه به اینکه در مدلسازی از مدل CGE استاندارد استفاده شده است لذا تمامی معادلات مورد استفاده نیز از مدل استاندارد لافگرن و همکاران[2] (با برخی تعدیلات برای سازگاری با SAM و ساختار اقتصاد ایران) اتخاذ شده‌اند اما حسب نیاز بایستی بلوک مربوط به انرژی بسط داده می‌شد که این کار توسط نویسنده انجام شده و معادلات شماره ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ (که در ادامه آورده شده‌اند) استخراج گردیدند. معادلات مذکور در مدل استاندارد لافگرن و همکاران وجود ندارند.

٤-١. ساختار بلوک تولید مدل CGE

نمودار (۱) نشان‌دهنده ساختار تولید مربوط به هر کدام از زیربخش‌های اقتصادی اشاره‌شده در جدول (۳) است. ساختار مذکور ساختاری سه‌لایه‌ای[3] است که از توابع تولید کشش جانشینی ثابت (CES)[4] و لئونتیف برای مدلسازی استفاده می‌شوند. تولیدکننده از یکسو ترکیب نیروی‌کار و سرمایه (ارزش افزوده) را با ترکیب حامل‌های انرژی (بنزین، گازوئیل، سایر فرآورده‌های نفتی و برق) مورد استفاده قرار داده و از سوی دیگر، کالاهای واسطه‌ای را مورد استفاده قرار می‌دهد. توابع تولیدی مورد استفاده به این ترتیب هستند که

1. Jensen, J. and Tarr, D.
2. Lofgren, et. al
3. Three Nested Structure
4. Constant Elasticity of Substitution (CES)

برای ترکیب کالاهای واسطه‌ای ۱ تا n از تابع تولید لئونتیف استفاده شده است زیرا کالاهای واسطه‌ای بصورت مکمل مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در سایر ترکیبات تولیدی از تابع تولید کشش جانشینی ثابت استفاده شده است.



نمودار (۱). ساختار تولید مدل CGE

منبع: فروض تحقیق

٤-۱-۱. معادلات بلوک تولید

معادلات بلوک تولید بطور مجزا در قالب لایه‌های مختلف قابل تبیین هستند.

لایه اول:

در لایه اول، ترکیب دو نهاده انرژی - ارزش افزوده و کالاهای واسطه‌ای باعث شکل‌گیری ستانده کل هر کدام از فعالیت‌های اقتصادی می‌شوند.

معادلات لایه اول:

معادله (۱) نشان‌دهنده سطح فعالیت aام است. در این معادله، $QVAE_a$ انرژی - ارزش افزوده فعالیت aام و $QINTA_a$ کالاهای واسطه‌ای فعالیت aام را نشان می‌دهد. δ_a پارامتر سهم فعالیت aام و ρ_a پارامتر کشش فعالیت aام می‌باشد.

$$AD_a = \alpha_a \left[\delta_a QVAE_a^{-\rho_a} + (1-\delta_a) QINTA_a^{-\rho_a} \right]^{\frac{-1}{\rho_a}} \qquad (1)$$

از حداکثرسازی تابع تولید فعالیت aام (رابطه ۱) مقید به هزینه تولید ($C = PVAE_a . QVEA_a + PINTA_a . QINTA_a$)، شرط لازم مرتبه اول (رابطه ۲) بدست می‌آید که در آن $PINTA_a$ قیمت کالاهای واسطه‌ای فعالیت aام و $PVAE_a$ قیمت انرژی – ارزش افزوده مورد استفاده در فعالیت aام است.

$$\frac{QVAE_a}{QINTA_a} = \left[\frac{\delta_a}{1-\delta_a} \cdot \frac{PINTA_a}{PVAE_a} \right]^{\frac{1}{1+\rho_a}} \qquad (2)$$

رابطه (۳) حاکی از تئوری اویلر است که نشان‌دهنده برابری ارزش کل تولید فعالیت aام با حاصل جمع ارزش نهاده‌های مورد استفاده توسط فعالیت aام است. در این رابطه PAD_a قیمت کل تولید فعالیت aام است.

$$PAD_a \cdot AD_a = PVAE_a \cdot QVAE_a + PINTA_a \cdot QINTA_a \qquad (3)$$

لایه دوم:

لایه دوم ساختار تولید، متشکل از دو وضعیت است:

(الف) شکل‌گیری کالاهای واسطه‌ای که ترکیبی از کالاهای ۱ تا n است.

(ب) شکل‌گیری نهاده انرژی - ارزش‌افزوده که ترکیبی از انرژی و ارزش افزوده است.

معادلات لایه دوم:

(الف) برای مدلسازی رابطه بین کالاهای واسطه‌ای و هر کدام از کالاهای ۱ تا n از تابع لئون‌تیف استفاده شده (رابطه ۴) که در آن $\alpha_{c,a}^{\text{int}}$ ضرایب فنی مربوط به ماتریس مبادلات بین‌بخشی و $QINTc,a$ مقدار کالای واسطه‌ای cام مورد استفاده در فعالیت aام است.

$$QINT_{c,a} = \alpha_{c,a}^{\text{int}} \cdot QINTA_a \qquad (4)$$

(ب) رابطه (۵) تابع تولید انرژی - ارزش افزوده را نشان می‌دهد که QVA_a ارزش افزوده فعالیت a ام و QVE_a انرژی مورد استفاده در فعالیت a ام است. δ_a^{vae} و ρ_a^{vae} نیز به ترتیب نشان‌دهنده پارامترهای سهم و کشش مربوط به این معادله هستند.

$$QVAE_a = \alpha_a^{vae}\left[\delta_a^{vae} QVA_a^{-\rho_a^{vae}} + (1-\delta_a^{vae}) QVE_a^{-\rho_a^{vae}}\right]^{\frac{-1}{\rho_a^{vae}}} \qquad (۵)$$

از حداکثرسازی تابع تولید (رابطه ۵) مقید به هزینه تولید ($C = PEE_a.QVE_a + PVA_a.QVA_a$)، شرط لازم مرتبه اول بصورت رابطه (۶) بدست می‌آید. تئوری اویلر نیز بصورت رابطه (۷) آورده شده است. در رابطه (۷)، PVA_a و PEE_a به ترتیب قیمت ارزش افزوده و قیمت انرژی می‌باشند.

$$\frac{QVA_a}{QVE_a} = \left[\frac{\delta_a^{vae}}{1-\delta_a^{vae}} \cdot \frac{PEE_a}{PVA_a}\right]^{\frac{1}{1+\rho_a^{vae}}} \qquad (۶)$$

$$PVAE_a \cdot QVAE_a = PVA_a \cdot QVA_a + PEE_a \cdot QVE_a \qquad (۷)$$

لایه سوم:

لایه سوم ساختار تولید متشکل از دو وضعیت است:

(الف) شکل‌گیری ارزش افزوده که ترکیبی از عوامل تولید (نیروی‌کار و سرمایه) است.

(ب) شکل‌گیری نهاده انرژی که ترکیبی از حامل‌های انرژی (بنزین، گازوئیل، سایر فرآورده‌های نفتی و برق) است.

معادلات لایه سوم:

(الف) معادله (۸) رابطه بین ارزش افزوده فعالیت a ام و عوامل تولید بکار رفته در آن فعالیت را نشان می‌دهد. در این رابطه، $QF_{f,a}$ عبارت از عامل تولید f ام بکار گرفته شده در فعالیت a ام است.

$$QVA_a = \alpha_a^{va}\left[\sum_f \delta_{f,a}^{va} QF_{f,a}^{-\rho_a^{va}}\right]^{\frac{-1}{\rho_a^{va}}} \quad (۸)$$

رابطه (۹) نشان‌دهنده نسبت بهینه نهاده‌ها بوده که از برابری هزینه نهایی عوامل تولید و درآمد نهایی تولید بدست می‌آید. در این رابطه WF_f متوسط پرداختی به عامل تولید f ام در کل اقتصاد و WFDIST نیز شاخص انحراف دستمزد[1] است.

$$WF_f \cdot \overline{WFDIST_{f,a}} = PVA_a \cdot QVA_a\left[\sum_f \delta_{f,a}^{va} QF_{f,a}^{-\rho_a^{va}}\right]^{-1} \cdot \delta_{f,a}^{va} \cdot QF_{f,a}^{-\rho_a^{va}-1} \quad (۹)$$

(ب) رابطه (۱۰) نشان‌دهنده تابع تولید انرژی است. در این رابطه، $QFE_{e,a}$ حامل انرژی eام (شامل بنزین، گازوئیل، سایر فرآورده‌های نفتی و برق) مورد استفاده در فعالیت a ام می‌باشد. η_e پارامتری است که معرف بهبود کارایی مصرف هر کدام از حامل‌های انرژی بوده و برای اعمال شوک بهبود کارایی در مدل CGE از همین پارامتر استفاده شده است. ذکر این نکته نیز ضروری است که طبق مطالعات مختلف از جمله (لو، لیو و ژو (۲۰۱۶)) بهبود کارایی مصرف حامل‌های انرژی بصورت برونزا فرض شده و نیازی به مدل‌سازی روند بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی نیست.

$$QVE_a = \alpha_a^{ve}\left[\sum_e \delta_{e,a}^{ve} \cdot \left(\frac{1}{\eta_e} \cdot QFE_{e,a}\right)^{-\rho_a^{ve}}\right]^{\frac{-1}{\rho_a^{ve}}} \quad (۱۰)$$

از حداکثرسازی تابع تولید (رابطه ۱۰) مقید هزینه تولید ($C = \sum_e PDE_{e,a} \cdot QFE_{e,a}$)، تابع تقاضای هر کدام از حامل‌های انرژی بصورت رابطه (۱۱) بدست می‌آید. در این

۱. برای محاسبه شاخص انحراف دستمزد کافی است تا سرانه پرداختی فعالیت aام به عامل تولید fام را بر متوسط پرداختی به عامل تولید f ام در کل اقتصاد تقسیم کرد. دلیل استفاده از شاخص مذکور این است که هر کدام از عوامل تولید دارای دریافتی‌های متفاوتی از هر کدام از فعالیت‌ها هستند. به عنوان مثال، دستمزد نیروی‌کار در دو رشته فعالیت صنعت و کشاورزی برابر نبوده لذا این نابرابری در قالب شاخص انحراف دستمزد نمایش داده می‌شود. (عسگری، ۱۳۸۳)

رابطه، $PDE_{e,a}$ قیمت حامل انرژی eام بکار رفته در فعالیت aام و PEE_a نیز قیمت انرژی بکار رفته در فعالیت a ام است. ارزش نهاده انرژی (تئوری اویلر) نیز در قالب رابطه (۱۲) آورده شده است.

$$QFE_{e,a} = QVE_a \cdot \left[\frac{PDE_{e,a}}{PEE_a} \cdot \frac{(\alpha_a^{ve})^{\rho_a^{ve}}}{\delta_{e,a}^{ve}} \cdot \left(\frac{1}{\eta_e}\right)^{\rho_a^{ve}} \right]^{\frac{-1}{1+\rho_a^{ve}}} \quad (۱۱)$$

$$PEE_a \cdot QVE_a = \sum_e PDE_{e,a} \cdot QFE_{e,a} \quad (۱۲)$$

٤-۲. بلوک نهادها

معادلات بلوک نهادها (خانوارها، شرکت‌ها، دولت و دنیای خارج) در قالب معادلات شماره ۱۳ تا ۱۹ ارائه شده‌اند. با توجه به اینکه خانوارها مالک عوامل تولید بوده و این عوامل را در مقابل دستمزد و یا اجاره و سود در اختیار فعالیت‌ها قرار می‌دهند، لذا یکی از منابع درآمدی خانوارها درآمدهای عوامل تولید است (رابطه ۱۳). در این رابطه، $YIF_{INSD,f}$ درآمد نهاد INSDام (نهادهای داخلی) از عامل تولید f ام، $mm_{INSD,f}$ سهم نهاد INSDام از درآمد عامل تولید f ام و $trnsfr_{ROW,f}$ پرداخت انتقالی عوامل تولید به دنیای خارج است. EXR نیز نشان‌دهنده نرخ ارز خارجی است.

$$YIF_{INSD,f} = mm_{INSD,f} \cdot ((\sum_a WF_f \cdot \overline{WFDIST_{f,a}} \cdot QF_{f,a}) - trnsfr_{ROW,f} \cdot EXR) \quad (۱۳)$$

پرداخت‌های انتقالی بین نهادی در رابطه (۱۴) و درآمد کل هر نهاد (درآمد حاصل از عوامل تولید و پرداخت‌های انتقالی) در رابطه (۱۵) گزارش شده‌اند. در این روابط، $TRANS_{INSDNG,INSDNG}$ نشان‌دهنده پرداخت انتقالی از هر نهاد داخلی غیردولتی به هر نهاد داخلی غیردولتی دیگر است. MPS میل نهایی به پس‌انداز هر نهاد داخلی غیردولتی، tins نرخ مالیات هر نهاد داخلی غیردولتی و YI درآمد هر نهاد داخلی غیردولتی است.

(۱۴)

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

(۱۵)

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

معادلات ۱۶ الی ۱۹ نشان‌دهنده درآمد و مخارج خانوارها و همچنین درآمد و مخارج دولت است. در این روابط h نماد خانوار، gov نماد دولت، enter نماد شرکت‌ها، $QH_{c,h}$ مقدار مصرف خانوار hام از کالای c ام، MPS_h میل نهایی به پس‌انداز خانوار hام، tq نرخ مالیات بر فروش کالای c ام، sq نرخ سوبسید بر فروش کالای cام، te نرخ مالیات بر صادرات، tm و sm به ترتیب نرخ تعرفه وارداتی و نرخ سوبسید وارداتی، YG درآمد دولت، EG مخارج دولت و QG_c مصرف دولت از کالای cام است.

در رابطه (۱۷) که تابع تقاضای خانوار hام از کالای cام است، مصرف خانوار از حاصل‌ضرب درآمد قابل تصرف واقعی خانوار $\frac{(1-tins_h) \cdot YI_h}{P_c}$ در میل نهایی به مصرف خانوار $(1-MPS_h)$ بدست می‌آید و بین کالاهای مختلف با نسبت $\beta_{c,h}$ توزیع شده است. این تابع از بعد اقتصاد کلان و در قالب تابع مصرف کینزی تعریف تعریف شده است.

$$YI_h = \sum_{f} YIF_{h,f} + trnsfr_{h,gov} + trnsfr_{h,enter} + trnsfr_{h,ROW} \cdot EXR \qquad (۱۶)$$

$$QH_{c,h} = \frac{\beta_{c,h} \cdot (1 - MPS_h) \cdot (1 - tins_h) \cdot YI_h}{P_c} \qquad (۱۷)$$

(۱۸)

$$YG = \sum_{INSDNG} tins_{INSDNG} \cdot YI_{INSDNG} + \sum_{f} YIF_{gov,f} + \sum_{c} tq_c (PM_c \cdot QM_c + PD_c \cdot QD_c)$$
$$- \sum_{c} sq_c (PM_c \cdot QM_c + PD_c \cdot QD_c) + \sum_{c} tm_c \cdot EXR \cdot PWM_c \cdot QM_c$$
$$+ \sum_{c} te_c \cdot EXR \cdot PWE_c \cdot QE_c - \sum_{c} sm_c \cdot EXR \cdot PWM_c \cdot QM_c + EXR \cdot trnsfr_{gov,ROW}$$
$$+ trnsfr_{gov,enter}$$

$$EG = \sum_{INSDNG} trnsfr_{INSDNG,gov} + \sum_{c} P_c \cdot QG_c \qquad (۱۹)$$

٤-۳. بلوک تجارت خارجی

معادلات این بلوک مشتمل بر معادلات صادرات و واردات است. رابطه (۲۰) تابع تبدیل CET [1] است. این تابع نشان‌دهنده تخصیص تولید داخلی (XD) به بازار داخلی (QD) و صادرات (QE) است. γ_c و $\rho^T{}_c$ نیز به ترتیب پارامترهای سهم و کشش مربوط به تابع CET هستند. در رابطه (۲۲)، PD ، PX و PE به ترتیب بیانگر قیمت کالای عرضه شده در داخل، قیمت کالای صادراتی و قیمت کل کالای تولیدشده است.

$$XD_c = B_c \left[\gamma_c \cdot QE_c^{\rho_c^T} + (1-\gamma_c) \cdot QD_c^{\rho_c^T} \right]^{\frac{1}{\rho_c^T}} \qquad (۲۰)$$

$$PX_c \cdot XD_c = PE_c \cdot QE_c + PD_c \cdot QD_c \qquad (۲۱)$$

با حداکثرسازی رابطه (۲۱) مقید به رابطه (۲۰)، معادله عرضه صادرات بدست می‌آید (رابطه ۲۲):

$$\frac{QE_c}{QD_c} = \left[\frac{1-\gamma_c}{\gamma_c} \cdot \frac{PE_c}{PD_c} \right]^{\frac{1}{\rho_c^T - 1}} \qquad (۲۲)$$

1. Constant Elasticity of Transformation (CET)

قیمت کالای صادراتی cام در رابطه (۲۳) آورده شده که در آن PWE قیمت جهانی کالای cام است.

$$PE_c = PWE_c \cdot EXR \cdot (1 - te_c) \qquad (۲۳)$$

ارزش کالای مرکب[1] معروف به معادله جذب[2] در رابطه (۲۴) آورده شده است. در رابطه P_c قیمت کالای مرکب، X_c مقدار کالای مرکب، PM قیمت کالای وارداتی و QM مقدار کالای وارداتی است.

$$P_c \cdot X_c = PM_c \cdot QM_c + (PD_c \cdot QD_c) \cdot (1 + tq_c + sq_c) \qquad (۲۴)$$

یکی از موارد مهمی که در بسیاری از تئوری‌های جدید مورد توجه قرار گرفته است مربوط به جانشینی ناقص بین کالاهای تولید داخل و کالاهای وارداتی است. کِرگمن (۱۹۷۹، ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰)[3] و هلپمن (۱۹۹۰)[4] در چارچوب تئوری علاقه به تنوع کالا مطالعاتی داشته‌اند که نتایج آنها دلالت بر این دارد که یک بخش تولیدی خاص می‌تواند از یک کالا تولید و صادرات و از همان کالا واردات داشته باشد. این مطلب مبین این است که استفاده از یک کالا توسط مصرف‌کننده، در حقیقت مصرف یک کالای مرکب و به عبارت دیگر تلفیقی از تولید داخلی آن کالا و واردات آن کالا است. نکته مهم این است که دو کالای مشابه تولید شده در داخل و وارداتی به دلیل قانون قیمت واحد نمی‌توانند جایگزین کامل باشند[5] بنابراین برای تصریح تابع کالاهای مرکب از تابع CES استفاده شده که به تابع آرمینگتون معروف است.

$$X_c = D_c \left[\psi_c \cdot QM_c^{-\rho_c^c} + (1 - \psi_c) \cdot QD_c^{-\rho_c^c} \right]^{\frac{-1}{\rho_c^c}} \qquad (۲۵)$$

1. Composite Commodity
2. Absorption Equation
3. Kurgman
4. Helpman

۵. خیابانی

رابطه (۲۶) نشان‌دهنده تابع تقاضای واردات می‌باشد که از حداقل‌سازی رابطه ۲۴ مقید به رابطه ۲۵ بدست می‌آید.

$$\frac{QM_c}{QD_c} = \left[\frac{\psi_c}{1-\psi_c} \cdot \frac{PD_c}{PM_c} \right]^{\frac{1}{\rho_c^C + 1}} \qquad (۲۶)$$

رابطه ۲۷ نشان‌دهنده قیمت وارداتی کالای cام است.

$$PM_c = PWM_c \cdot EXR \cdot (1 + tm_c + sm_c) \qquad (۲۷)$$

٤-٤. بلوک سرمایه‌گذاری

تقاضا برای کالاهای سرمایه‌ای c ام در رابطه ۲۸ آورده شده که در آن QINV تقاضای سرمایه‌گذاری، پارامتر qinv مقدار اولیه سرمایه‌گذاری، و $\overline{IADJ}$ نیز عامل تعدیل سرمایه‌گذاری است.

$$QINV_c = \overline{IADJ} \cdot qinv_c \qquad (۲۸)$$

٤-٥. بلوک قیود

بلوک قیود شامل معادلات مربوط به برابری عرضه و تقاضای عوامل تولید، تعادل در بازار کالاهای مرکب، تعادل بازار خارجی، برابری درآمد و مخارج دولت و برابری کل پس‌انداز با کل سرمایه‌گذاری می‌باشد که به ترتیب در قالب روابط ۲۹ تا ۳۳ آورده شده‌اند. در این روابط، $\overline{QFS_f}$ عرضه عامل تولید f، $\overline{FSAV}$ پس‌انداز خارجی و GSAV پس‌انداز دولتی است.

$$\sum_a QF_{f,a} = \overline{QFS_f} \qquad (۲۹)$$

$$X_c = \sum_a QINT_{c,a} + \sum_h QH_{c,h} + QG_c + QINV_c \qquad (۳۰)$$

(۳۱)

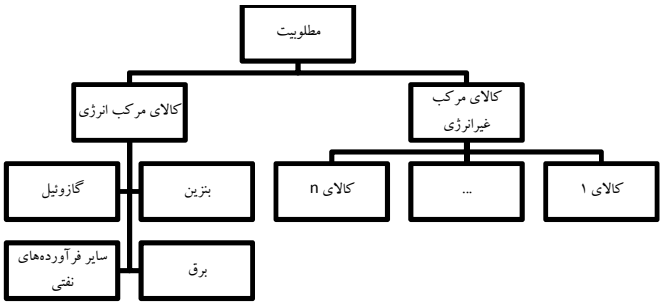
$$\sum_{c\in CM} PWM_c.QM_c + \sum_f trnsfr_{row,f} = \sum_{c\in CE} PWE_c.QE_c + \sum_{i\in INSD} trnsfr_{i,row} + \overline{FSAV}$$

$$YG = EG + GSAV \qquad (۳۲)$$

$$\sum_{i\in INSDNG} MPS_i.(1-TINS_i).YI_i + GSAV + EXR..\overline{FSAV} = \sum_c P_c.QINV_c \qquad (۳۳)$$

٤-٦. ساختار مطلوبیت خانوار

ساختار مطلوبیت هر خانوار که در مدل تعادل عمومی قابل محاسبه مقاله حاضر در نظر گرفته شده مطابق نمودار (۲) است. همانطور که نمودار (۲) نشان می‌دهد مطلوبیت خانوار نمونه، تابعی از مصرف کالای مرکب انرژی و کالای مرکب غیرانرژی است بطوریکه کالای مرکب غیرانرژی ترکیبی از کالاهای مصرفی ۱ تا n بوده و کالای مرکب انرژی تابعی از حامل‌های انرژی شامل بنزین، گازوئیل، سایر فرآورده‌های نفتی و برق است. خانوارها نیز همانند تولیدکنندگان اقدام به بهینه‌سازی تابع مطلوبیت (کاب-داگلاس) مقید به قید بودجه خود می‌نمایند که نتیجه این بهینه‌سازی عبارت است از تابع تقاضای خانوار برای کالاها (معادله ۱۷ بخش ۳-۲).



نمودار (۲). ساختار تقاضا و تابع مطلوبیت خانوار

منبع: فروض تحقیق

٤-٧. محاسبه اثرات بازگشتی

همانطور که قبلاً ذکر گردید بدنبال بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی، بازده ناشی از تاثیر بهبود کارایی بر شدت مصرف انرژی کاهش یافته و لذا اثرات بازگشتی شکل می‌گیرد. فرمول زیر نحوه محاسبه اثرات بازگشتی در بخش‌های مختلف اقتصادی را نشان می‌دهد[1].

$$RE_{e,a} = \left(1 + \frac{\dot{D}_{e,a}}{\dot{\eta}_e}\right) \times 100 = \left(1 + \frac{(D^2{}_{e,a} - D^1{}_{e,a}) / D^1{}_{e,a}}{\dot{\eta}_e}\right) \times 100 \qquad (۳۴)$$

با توجه به رابطه (۱۱)، تقاضای حامل انرژی eام توسط بخش تولیدی aام تابعی از بهبود کارایی در مصرف حامل انرژی eام (η_e) است بنابراین با استفاده از رابطه مذکور می‌توان به ارزیابی تاثیر هرگونه تغییر کارایی در مصرف حامل‌های انرژی بر تقاضای آنها در هر کدام از بخش‌های اقتصادی پرداخت. اگر فرض شود که کارایی مصرف هر کدام از حامل‌های انرژی معادل $\dot{\eta}_e$ درصد رشد داشته باشد آنگاه طبق رابطه (۳۴) قابل محاسبه است که اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی چقدر است. $\dot{D}_{e,a}$ در رابطه (۳۴) عبارت است از رشد تقاضای حامل انرژی eام در بخش aام. طبق ادبیات اثرات بازگشتی چنانچه بهبود کارایی مصرف حامل‌های انرژی، باعث کاهش مصرف حامل‌های انرژی به میزانی کمتر از افزایش در کارایی مصرف آنها شود، آنگاه اثرات بازگشتی عددی بین صفر تا ۱۰۰ درصد خواهد بود. چنانچه بهبود کارایی مصرف حامل‌های انرژی، باعث کاهش مصرف حامل‌های انرژی به همان میزان افزایش در کارایی (کاهش کامل تقاضای حامل‌های انرژی) شود، آنگاه اثرات بازگشتی صفر خواهد بود و چنانچه بهبود کارایی مصرف حامل‌های انرژی، باعث افزایش مصرف حامل‌های انرژی شود، آنگاه اثرات بازگشتی بیش از ۱۰۰ درصد خواهد بود که همان اثرات معکوس است.

---

1. Allan et. al

فرمول مربوط به محاسبه اثرات بازگشتی خانوارها نیز مشابه بخش‌های اقتصادی بوده و در رابطه (۳۵) آورده شده است. در این رابطه، h اندیس معرف خانوار، $RE_{e,h}$ اثرات بازگشتی مربوط به حامل انرژی eام برای خانوار hام و $\dot{QH}_{e,h}$ نیز تغییرات در تقاضای خانوار hام برای حامل انرژی eام می‌باشد.

(۳۵)

$$RE_{e,h}=\left(1+\frac{\dot{QH}_{e,h}}{\dot{\eta}_e}\right)\times 100=\left(1+\frac{(QH^2{}_{e,h}-QH^1{}_{e,h})/QH^1{}_{e,h}}{\dot{\eta}_e}\right)\times 100$$

۵. نتایج اجرای مدل CGE

در این بخش از مقاله، نتایج مربوط به اجرای مدل تعادل عمومی قابل محاسبه آورده می‌شوند[۱]. ساختار مدل CGE به نحوی است که بدنبال هرگونه شوک برونزایی که به مدل وارد شود، اثرات این شوک از طریق مکانیزم بازار به بخش‌های مختلف اقتصادی قابل انتقال است زیرا همراه با مدلسازی بخش‌های مختلف اقتصاد شامل بنگاه‌ها، خانوارها و نهادها، مجموعه معادلاتی تحت عنوان بلوک قیود نیز آورده می‌شوند که در آنها قیمت‌ها در جایی تعیین می‌شوند که تعادل در کلیه بازارها (اعم از بازار کالاها و خدمات، بازار عوامل تولید و دنیای خارج) برقرار شوند. با عنایت به این نکته، تاثیر شوک مربوط به بهبود کارایی مصرف حامل‌های انرژی بر رفتار عاملان اقتصادی، از کانال تغییر (کاهش) قیمت موثر حامل‌های انرژی خواهد بود.

در ادامه نتایج مربوط به اجرای مدل CGE با شوک برونزای ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی آورده شده‌اند. در تبیین نحوه اثرگذاری شوک بهبود کارایی

---

۱. نتایج مقاله از حل کردن مدل CGE در قالب نرم‌افزار GAMS 23.6 بدست آمده‌اند. ذکر این نکته ضرروی است که اعتبارسنجی مدل‌های CGE یکی از نکات مهم این مدل‌ها است از اینرو در پیوست (الف)، اعتبارسنجی مدل CGE برای متغیر "ستانده بخشی" آورده شده است. این متغیر به عنوان نمونه‌ای از تعداد کثیری متغیر آورده شده است.

مصرف حامل‌های انرژی بر رفتار بخش‌های مختلف اقتصادی و خانوارها بایستی اشاره کرد که مطابق نمودار (۱) یکی از مهم‌ترین نهاده‌هایی که بنگاه‌های اقتصادی در فرآیند تولید خود بکار می‌برند عبارت از انواع حامل‌های انرژی است بنابراین هرگونه بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی بخش‌های تولیدی باعث می‌شوند تا قیمت موثر حامل‌های انرژی برای بنگاه‌های اقتصادی تغییر پیدا کرده و لذا تقاضای بنگاه‌ها برای حامل‌های انرژی و سایر نهاده‌های اولیه مورد استفاده آنها (با توجه به اثرات مختلف جانشینی و ... که در ادبیات اثرات بازگشتی ذکر گردید) تغییر پیدا می‌کنند. بنابراین بدنبال شوک بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی، ترکیب نهاده‌های مورد تقاضای بنگاه‌های اقتصادی (حامل‌های انرژی و سایر نهاده‌ها) تغییر پیدا کرده و در نتیجه سطح تولید بنگاه‌ها و نهایتاً سطح تولید کل اقتصاد تحت تاثیر قرار می‌گیرند. تحلیل مشابهی در مورد رفتار خانوارها نیز وجود دارد. مطابق نمودار (۲) ملاحظه گردید که مطلوبیت خانوار تابعی از مصرف کالاهای انرژی و کالاهای غیرانرژی است بنابراین چنانچه بهبود برونزا در کارایی مصرف حامل‌های انرژی (توسط خانوارها) رخ دهد آنگاه قیمت موثر حامل‌های انرژی نزد خانوارها تغییر پیدا کرده و لذا تقاضای خانوارها برای حامل‌های انرژی و سایر کالاها ترکیب جدیدی به خود می‌گیرند.

با عنایت به توضیحات فوق‌الذکر، نتایج مربوط به شوک برونزای ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی (بنزین، گازوئیل و برق) در جدول (۵) آورده شده‌اند. جدول (۵) نشان‌دهنده این است که اولاً بدنبال بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی، تقاضای هر کدام از بخش‌های اقتصادی و خانوارها برای حامل‌های انرژی چقدر دچار تغییر می‌شوند ثانیاً اثرات بازگشتی ناشی از بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی به تفکیک بخش‌های اقتصادی و خانوارها چقدر هستند.

جدول (۵). تاثیر بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی بر تقاضای آنها و اثرات بازگشتی (درصد)

بخش‌های اقتصادی و خانوار	بنزین		گازوئیل		برق	
	کاهش تقاضا	اثرات بازگشتی	کاهش تقاضا	اثرات بازگشتی	کاهش تقاضا	اثرات بازگشتی
کشاورزی و ...	۸/۷۹	۱۲/۱	۸/۰۴	۱۹/۶	۹/۱۲	۸/۸
استخراج نفت خام و گاز طبیعی	۸/۹۷	۱۰/۳	۹/۲۵	۷/۵	۹/۱۸	۸/۲
سایر معادن	۹/۰۲	۹/۸	۹/۰۴	۹/۶	۹/۲۳	۷/۷
تولید فرآورده‌های نفتی	۹/۳۶	۶/۴	۹/۳۱	۶/۹	۹/۲۷	۷/۳
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	۹/۰۶	۹/۴	۸/۹۸	۱۰/۲	۸/۳۱	۱۶/۹
تولید فلزات اساسی	۹/۲۸	۷/۲	۹/۲۵	۷/۵	۸/۱۳	۱۸/۷
تولید، انتقال و توزیع برق	۹/۳۱	۶/۹	۹/۲۲	۷/۸	۸/۲۶	۱۷/۴
جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب	۸/۹۹	۱۰/۱	۹/۳۶	۶/۴	۸/۲	۱۸
سایر صنایع	۹/۳۴	۶/۶	۹/۳۴	۶/۶	۹/۲۸	۷/۲
حمل ونقل	۷/۰۲	۲۹/۸	۷/۵۳	۲۴/۷	۹/۰۹	۹/۱
بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی	۸/۲۵	۱۷/۵	۸/۴۱	۱۵/۹	۷/۸۶	۲۱/۴
سایر خدمات	۸/۱۴	۱۸/۶	۷/۶۹	۲۳/۱	۷/۵۵	۲۴/۵
متوسط	**۸/۷۹**	**۱۲/۰۶**	**۸/۷۹**	**۱۲/۱۵**	**۸/۶۲**	**۱۳/۷۷**
خانوار	۷/۶۹	۲۳/۱	۸/۲۲	۱۷/۸	۷/۲۱	۲۷/۹

منبع: خروجی نرم‌افزار GAMS 23.6

نتایج ارائه شده در جدول (۵) نشان می‌دهند که بدنبال بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی، هم مصرف خانوارها و هم مصرف بخش‌های مختلف اقتصادی از تمامی حامل‌های انرژی کاهش می‌یابند اما نه به اندازه مورد انتظار (۱۰ درصد). وقوع این حالت نکته بسیار حائز اهمیتی برای اقتصاد ایران بوده و با نکات ذکر شده در مقدمه مقاله مبنی بر مصرف بالای حامل‌های انرژی و کارایی پایین مصرف حامل‌های انرژی سازگار است. نتایج جدول (۵) به تفکیک حامل‌های انرژی نشان می‌دهند که:

(الف) بنزین: با بهبود ۱۰ درصد در کارایی، مصرف بنزین تمامی بخش‌های اقتصادی و خانوارها کاهش می‌یابند بطوریکه بخش «تولید فرآورده‌های نفتی» با کاهش **۹/۳۶**

درصدی از بیشترین مقدار کاهش و بخش «حمل‌ونقل» با کاهش ۷/۰۲ درصدی از کمترین مقدار کاهش برخوردار هستند. بیشترین و کمترین مقدار اثرات بازگشتی نیز مربوط به بخش‌های «حمل‌ونقل» و «تولید فرآورده‌های نفتی» به ترتیب با ۲۹/۸ و ۶/۴ درصد می‌باشند. در کل بخش‌های اقتصادی نیز بطور متوسط شاهد کاهش ۸/۷۹ درصدی تقاضای بنزین بوده و اثرات بازگشتی نیز بطور متوسط برابر با ۱۲/۰۶ درصد می‌باشند. در مورد خانوارها نیز با بهبود کارایی، مصرف بنزین معادل ۷/۶۹ درصد کاهش یافته و اثر بازگشتی مربوط به خانوارها برابر با ۲۳/۱ درصد است.

(ب) گازوئیل: با بهبود ۱۰ درصد در کارایی، مصرف گازوئیل تمامی بخش‌های اقتصادی و خانوارها کاهش می‌یابند بطوریکه بخش «جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب» با کاهش ۹/۳۶ درصدی از بیشترین مقدار کاهش و بخش «حمل‌ونقل» با کاهش ۷/۵۳ درصدی از کمترین مقدار کاهش برخوردار هستند. بیشترین و کمترین مقدار اثرات بازگشتی نیز مربوط به بخش‌های «حمل‌ونقل» و «جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب» به ترتیب با ۲۴/۷ و ۶/۴ درصد می‌باشند. در کل بخش‌های اقتصادی نیز بطور متوسط شاهد کاهش ۸,۷۹ درصدی تقاضای گازوئیل بوده و اثرات بازگشتی نیز بطور متوسط برابر با ۱۲/۱۵ درصد می‌باشند. در مورد خانوارها نیز با بهبود کارایی، مصرف گازوئیل معادل ۸/۲۲ درصد کاهش یافته و اثر بازگشتی مربوط به خانوارها برابر با ۱۷/۸ درصد است.

(ج) برق: با بهبود ۱۰ درصد در کارایی، مصرف برق تمامی بخش‌های اقتصادی و خانوارها کاهش می‌یابند بطوریکه بخش «سایر صنایع» با کاهش ۹/۲۸ درصدی از بیشترین مقدار کاهش و بخش «سایر خدمات» با کاهش ۷/۵۵ درصدی از کمترین مقدار کاهش برخوردار هستند. بیشترین و کمترین مقدار اثرات بازگشتی نیز مربوط به بخش‌های «سایر خدمات» و «سایر صنایع» به ترتیب با ۲۴/۵ و ۷/۲ درصد می‌باشند. در کل بخش‌های اقتصادی نیز بطور متوسط شاهد کاهش ۸/۶۲ درصدی تقاضای برق بوده و اثرات بازگشتی نیز بطور متوسط برابر با ۱۳/۷۷ درصد می‌باشند. در مورد خانوارها نیز با بهبود کارایی،

مصرف برق معادل ۷/۲۱ درصد کاهش یافته و اثر بازگشتی مربوط به خانوارها برابر با ۲۷/۹ درصد است.

نکته مهمی که وجود دارد این است که بدنبال بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی، در هیچکدام از بخش‌های اقتصادی و خانوارها اثرات معکوس وجود ندارد (زیرا طبق جدول ۵ مقدار اثرات بازگشتی در هیچ کدام از بخش‌های اقتصادی و خانوارها بیش از ۱۰۰ درصد نیستند). بنابراین بدنبال بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی در هیچکدام از بخش‌های اقتصادی و خانوارها افزایش تقاضای حامل‌های انرژی وجود ندارد.

با توجه به تغییراتی که در تقاضای بنگاه‌ها برای نهاده‌های مورد نیاز خود بدنبال بهبود در کارایی مصرف حامل‌های انرژی و تغییر در قیمت موثر آنها بوجود می‌آیند، سطح تولید آنها نیز با تغییر مواجه می‌شوند. جدول (۶) نشان‌دهنده میزان تغییرات سطح تولید بخش‌های مختلف اقتصادی بدنبال بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی است.

جدول (٦). تاثیر بهبود ۱۰ درصد در کارایی بر تولید بخش‌های اقتصادی (درصد)

بخش‌ها	بنزین	گازوئیل	برق
کشاورزی و ...	۰/۰۹	۰/۲۷	۰/۰۷
استخراج نفت خام و گاز طبیعی	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۵
سایر معادن	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۹
تولید فرآورده‌های نفتی	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۶
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱۷
تولید فلزات اساسی	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۲
تولید، انتقال و توزیع برق	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۶
جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۱۸
سایر صنایع	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳
حمل ونقل	۰/۶۲	۰/۵۱	۰/۱۱
بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی	۰/۱۲	۰/۳۶	۰/۲۲
سایر خدمات	۰/۲۷	۰/۴۷	۰/۳۲

منبع: خروجی نرم‌افزار GAMS 23.6

با توجه به نتایج جدول (۶) قابل مشاهده است که با بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف بنزین، بخش «حمل‌ونقل» با ۰/۶۲ درصد از بیشترین رشد تولید و بخش «تولید فرآورده‌های نفتی» با ۰/۰۱ درصد از کمترین رشد تولید برخوردارند. در مورد گازوئیل نیز بخش‌های «حمل‌ونقل» و «جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب» به ترتیب با ۰/۵۱ و ۰/۰۲ درصد از بیشترین و کمترین رشد تولید برخوردارند. در مورد برق نیز بخش‌های «سایر خدمات» و «سایر صنایع» به ترتیب با ۰/۳۲ و ۰/۰۳ درصد از بیشترین و کمترین رشد تولید برخوردارند.

جدول (۷) نشان‌دهنده تاثیر بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی بر تولید ناخالص داخلی کشور است. چنانچه شوک ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی مربوط به مصرف بنزین باشد شاهد رشد ۰/۱۷ درصدی تولید ناخالص داخلی بوده و بطور متناظر برای گازوئیل و برق نیز رشد تولید ناخالص داخلی به ترتیب برابر با ۰/۱۵ و ۰/۱۱ درصد خواهند بود.

جدول (۷). تاثیر بهبود ۱۰ درصد در کارایی بر تولید ناخالص داخلی (درصد)

شرج	بنزین	گازوئیل	برق
تولید ناخالص داخلی	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۱

منبع: خروجی نرم‌افزار GAMS 23.6

کشش‌های مختلف مورد استفاده در مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه از مهم‌ترین شاخص‌هایی هستند که نمایانگر ساختار خاص هر اقتصاد بوده و مدل‌های CGE نسبت به انتخاب مقادیر صحیح کشش‌ها بسیار حساس هستند. یکی از کشش‌های مهم مورد استفاده مربوط به کشش جانشینی بین حامل‌های انرژی است. نتایج آزمون تحلیل حساسیت نشان می‌دهند که به ازای مقادیر مختلف در نظر گرفته شده برای کشش جانشینی بین حامل‌های انرژی، نتایج تغییر محسوسی نمی‌کنند.[۱]

۱. نتایج تحلیل حساسیت در پیوست (ب) ارائه شده است.

٦. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بر طبق شواهد آماری، علاوه بر اینکه مصرف حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران نسبت به متوسط منطقه‌ای بالا هستند، بلکه مصرف حامل‌های انرژی نیز از کارایی پایینی برخوردار می‌باشند بنابراین ضروری است تا برای رهایی از این وضعیت راهکاری اندیشیده شود. یکی از راه‌کارها استفاده از سیاست‌های قیمتی است که در اقتصاد ایران در قالب قانون هدفمند کردن یارانه‌ها (مصوب سال ۱۳۸۹) اجرایی شده است اما نتیجه مد نظر را به همراه نداشته است بنابراین یکی دیگر از راه‌کارها، بکارگیری سیاست‌های غیرقیمتی است که می‌توانند در این مسیر یاری‌رسان باشند. یکی از سیاست‌های غیرقیمتی، بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی است. اما نکته مهم در مورد بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی، آثار اقتصادی ناشی از آنها و همچنین اثرات بازگشتی هستند. با توجه به اینکه اولاً بررسی آثار اقتصادی ناشی از بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی از اهمیت زیادی برخوردار هستند ثانیاً در هیچ کدام از مطالعات داخلی به بررسی همزمان آثار اقتصادی ناشی از بهبود کارایی در مصرف سه حامل کلیدی انرژی (بنزین، گازوئیل و برق) پرداخته نشده ضمن اینکه در مطالعات داخلی صرفاً به محاسبه اثرات بازگشتی اکتفا شده و تغییرات در سطح تولید بخش‌های اقتصادی و تولید ناخالص داخلی مورد توجه قرار نگرفته‌اند لذا تلاش شد تا نکات ضعف مذکور برطرف گردد.

برای ارزیابی آثار اقتصادی ناشی از بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی در ایران (اثرات بازگشتی در بخش‌های اقتصادی و خانوارها، ستانده بخش‌های مختلف اقتصادی و تولید ناخالص داخلی کشور) از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استفاده گردید بطوریکه مدل CGE مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۷ بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران بوده و شامل بلوک تولید (زیربلوک انرژی)، بلوک نهادها، بلوک تجارت خارجی، بلوک سرمایه‌گذاری و بلوک قیود می‌باشد. این ماتریس در قالب ساخت و جذب بوده و مشتمل بر ۵۳ بخش تولیدی، ۱۱۲ کالا و خدمات، عوامل

تولید، نهادها و ... است اما با توجه به نیاز تحقیق، بصورت ماتریسی با ۱۲ بخش تولیدی و ۱۴ کالا و خدمت تجمیع شد.

نتایج مدل تعادل عمومی قابل محاسبه در سه بخش قابل بیان هستند:

الف) اثرات بازگشتی و تغییرات در تقاضای حامل‌های انرژی: طبق ادبیات اثرات بازگشتی، بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی باعث می‌شود تا آثار مورد انتظار از بهبود کارایی محقق نشوند و تا حدودی اثرات ناشی از بهبود کارایی بر مصرف حامل‌های انرژی خنثی شوند. نتایج نشان می‌دهند که با بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی، بیشترین اثرات بازگشتی مربوط به بخش «حمل‌ونقل» با ۲۹/۸ درصد بوده و تقاضای این بخش برای بنزین ۷/۰۲ درصد کاهش می‌یابد. بعد از بخش «حمل‌ونقل» نیز بیشترین اثرات بازگشتی مربوط به بخش‌های «سایر خدمات» و «بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی» می‌باشند. در مورد گازوئیل، بیشترین اثرات بازگشتی ناشی از بهبود ۱۰ درصد در کارایی مربوط به بخش «حمل‌ونقل» با ۲۴/۷ درصد بوده (تقاضای این بخش برای گازوئیل ۷/۵۳ درصد کاهش می‌یابد) و بعد از این بخش، بخش‌های «سایر خدمات» و «بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی» از بیشترین اثرات بازگشتی برخوردارند. در مورد برق نیز بیشترین اثرات بازگشتی ناشی از بهبود ۱۰ درصد در کارایی مربوط به بخش «سایر خدمات» با ۲۴/۵ درصد بوده (تقاضای این بخش برای برق ۷/۵۵ درصد کاهش می‌یابد) و بعد از این بخش، بخش‌های «بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی» و «تولید فلزات اساسی» از بیشترین اثرات بازگشتی برخوردارند.

نکته مهم قابل ذکر این است که بدنبال بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی، اثرات بازگشتی حدی (مقادیر صفر و ۱۰۰ درصدی) و همچنین اثرات معکوس (اثرات بازگشتی بیش از ۱۰۰ درصد) وجود ندارند.

ب) تغییرات در سطح تولید بخش‌های مختلف اقتصادی: با توجه به اینکه بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی باعث کاهش قیمت موثر انرژی و شکل‌گیری اثرات جانشینی، اثرات درآمدی و ... می‌شوند لذا سطح تولید بخش‌های اقتصادی و نهایتاً تولید

ناخالص داخلی نیز تغییر می‌کنند. نتایج نشان می‌دهند که بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف حامل‌های انرژی باعث می‌شود تا بیشترین افزایش در سطح تولید بخش‌های اقتصادی (مربوط به بنزین، گازوئیل و برق) به ترتیب در بخش‌های «حمل‌ونقل»، «حمل‌ونقل» و «سایر خدمات» با ۰/۶۲، ۰/۵۱ و ۰/۳۲ درصد باشند.

ج) تغییرات در تولید ناخالص داخلی کشور: نتایج نشان می‌دهند که بهبود ۱۰ درصد در کارایی مصرف بنزین، گازوئیل و برق باعث می‌شود تا تولید ناخالص داخلی به ترتیب معادل ۰/۱۷، ۰/۱۵ و ۰/۱۱ درصد با افزایش همراه باشد.

نتایج تحلیل حساسیت مربوط به تغییر کشش جانشینی بین حامل‌های انرژی نیز نشان می‌دهند که با تغییر مقادیر کشش جانشینی، اندازه اثرات بازگشتی تغییر محسوسی ندارند که این امر حاکی از اعتبار مدل تعادل عمومی قابل محاسبه است. با توجه به نتایج مقاله، پیشنهاد می‌شود که اولاً سیاست‌گذاران کشور علاوه بر سیاست‌های قیمتی به سیاست‌های غیرقیمتی نیز در جهت نزدیکتر کردن مقدار مصرف و کارایی در مصرف حامل‌های انرژی به سطح متوسط منطقه‌ای و جهانی توجه کنند ثانیاً مسئولان برنامه‌ریزی قبل از هرگونه تصمیم‌گیری جهت بهبود کارایی در مصرف حامل‌های انرژی، آثار مختلف اقتصادی ناشی از این سیاست‌ها همانند تغییر تولیدات بخشی، تغییر تولید ناخالص داخلی و اثرات بازگشتی را مد نظر قرار دهند زیرا در نظر نگرفتن این موارد می‌تواند باعث خنثی شدن نتایج مورد انتظار گردند. ذکر این نکته نیز ضروری است که عادات مصرفی و فرهنگ مصرفی در کشور از نقش موثری در به ثمر نشستن سیاست بهبود در کارایی مصرف انرژی برخوردار هستند که بایستی مورد توجه جدی قرار گیرند.

منابع و مآخذ

- Allan, G., Hanley, N., McGregor, P., Swales, K. and Turner, K. (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.
- AlShehabi, O. (2013), Modelling energy and labour linkages: A CGE approach with an application to Iran, Economic Modelling, 35.
- Asgari, M. (2004), Applied General Equilibrium Model based on Social Accounting Matrix, Iranian Economic Research Center, Faculty of Economics Allameh Tabataba'i University
- Barker, T., Ekins, P. and Foxon, T. (2007), The macro-economic rebound effect and the UK economy, Energy Policy, 35, 4935-4946.
- Bhattacharyya, S. C. (1996), Applied General Equilibrium Models for Energy Studies: A Survey. Energy Economics 18: 145-164.
- Devarajan, S. (1988), Lecture Notes on Computable General Equilibrium Models, John F. Kennedy School of Government, Harvard University, Mimeo, Processed.
- EIA, Energy Information Administration.
- Energy Balance Sheet (1393), Ministry of Energy.
- Freire, J. (2011), Methods to empirically estimate direct and indirect rebound effect of energy-saving technological changes in households, Ecological Modelling, 223, 32-40.
- Grepperud, S. and Rasmussen, I. (2004), A General Equilibrium Assessment of Rebound Effects, Energy Economics, 26, 261-282.
- Hanley, N,. McGregor, P., Swales, K. and Turner, K. (2009), Do Increases in Energy Efficiency Improve Environment Quality and Sustainability, Ecological Economics, 68, 692-709.
- Hertwich, E. (2005), Consumption and the Rebound Effect: An Industrial Ecology Perspective, Journal of Industrial Ecology, Vol. 9, No. 1-2.
- https://www.jodidata.org/
- Jensen, J. and Tarr, D. (2002), Trade, Foreign Exchange, and Energy Policies in the Islamic Republic of Iran: Reform Agenda, Economic Implications, and Impact on the Poor, World Bank.
- Khoshkalam Khosroshahi, M., Jahangard, E. and Abedian, M. (2015), Improving the efficiency of gasoline consumption and its rebound effects in various economic activities, Quarterly of Energy Economics review, Vol. 10, No. 44, PP 37-63.
- Khiabani, N. (2008), A computable general equilibrium model for assessing the rise in the price of all energy carriers in Iran, Quarterly of Energy Economics Review, Vol. 10, No, 16, PP. 1-34.

- Kemfert, C. (1998), Estimated Substitution Elasticity's of a Nested CES Production Function Approach for Germany, Energy Economics, 20, 249-264.
- Lofgren, H., R. Harris, and Sh. Robinson (2001), A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Lin, B., Li, J. (2014), The rebound effect for heavy industry: Empirical evidence from China, Energy Policy, 74(C), 589-599.
- Lu, Y., Liu, Y. and Zhou, M. (2016), Rebound Effect of Improved Energy Efficiency for Different Energy Types: A General Equilibrium Analysis for China, CAMA Working Paper 38/2016.
- Manzoor, D., Agababaie, E. and Hagigi, I. (2010), Analyzing the Rebound Effects Caused by Improving Electricity Efficiency in Iran: A Computable General Equilibrium Model, Quarterly of Energy Economics review, Vol. 8, No. 28, PP 1-23.
- National Accounts, Central bank of Iran.
- 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.eia.gov/
- World Development Indicators, World Bank.

پیوست الف

با توجه به کثرت متغیرهای مدل CGE، به عنوان نمونه فقط اعتبارسنجی مدل برای متغیر "ستانده بخشی" آورده شده است. ارقام ستون دوم جدول، ارقام بسیاری پایینی بوده و نشان از آن دارند که مدل طراحی شده برای ارزیابی‌های سیاستی از اعتبار برخوردار است.

اعتبارسنجی مدل CGE

بخش	اختلاف ستانده هر بخش قبل از اجرای مدل و بعد از اجرای اولیه مدل* (میلیارد ریال)
کشاورزی و ...	۱/۰۷۸
استخراج نفت خام و گاز طبیعی	۱/۱۲۱
سایر معادن	۰/۹۵۱
تولید فرآورده‌های نفتی	۰/۹۳۷
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	۱/۱۳۹
تولید فلزات اساسی	۱/۲۹۵
تولید، انتقال و توزیع برق	۱/۳۶۲
جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب	۱/۰۲۱
سایر صنایع	۰/۸۹۲
حمل ونقل	۰/۹۷۶
بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی	۰/۸۶۴
سایر خدمات	۰/۹۵۱

*. اجرای اولیه مدل به این معنی است که هنوز شوک برونزا در مدل اعمال نشده است.

منبع: خروجی نرم‌افزار GAMS 23.6

پیوست ب

در این قسمت و به عنوان نمونه فقط تحلیل حساسیت اثرات بازگشتی مربوط به بنزین آورده شده است.

تحلیل حساسیت اثرات بازگشتی بنزین

بخش	کشش جانشینی بین حامل‌های انرژی		
	۰/۷	۰/۸	۰/۹
کشاورزی و ...	۱۱/۹	۱۲/۱	۱۲,۳
استخراج نفت خام و گاز طبیعی	۱۰/۱	۱۰/۳	۱۰/۴
سایر معادن	۹/۹	۹/۸	۹/۶
تولید فرآورده‌های نفتی	۶/۵	۶/۴	۶/۸
تولید سایر محصولات کانی غیرفلزی	۹/۱	۹/۴	۹/۷
تولید فلزات اساسی	۷/۴	۷/۲	۶/۹
تولید، انتقال و توزیع برق	۷/۱	۶/۹	۶/۶
جمع‌آوری، تصفیه و توزیع آب	۹/۹	۱۰/۱	۱۰/۳
سایر صنایع	۶/۳	۶/۶	۶/۸
حمل ونقل	۲۹/۹	۲۹/۸	۲۹/۵
بازرگانی و انواع خدمات تعمیراتی	۱۷/۴	۱۷/۵	۱۷/۹
سایر خدمات	۱۸/۹	۱۸/۶	۱۸/۱

منبع: خروجی نرم‌افزار GAMS 23.6

Economic Impacts of Adopting Non-Price Energy Consumption Policies

Mousa Khoshkalam Khosroshahi[1]

Received: 2016/11/16
Accepted: 2017/08/26

Abstract

Price policies are one of the most permissive policies in Iranian economic for controlling energy carrier's consumption. In addition, the non-price policies such as energy efficiency improvement are effective for controlling energy carrier's consumption. This paper assesses the economic impacts of energy efficiency improvement (in gasoline, gasoil and electric) as a non-price policy. For the purposes of this paper computable general equilibrium (CGE) model based on social accounting matrix (SAM) is used. The social accounting matrix is aggregated in 12 activities and 14 commodities. The CGE model blocks are: production block, institution block, trade block, Investment block and system constraint block. The results show that, first 10 percent improvement in energy efficiency makes the highest rebound effects (of gasoline) in the transport sector with 29.8 percent, the highest rebound effect (of gasoil) in the transport sector with 24.7% and the highest rebound effect (of electricity) in the other services sector with 24.5 percent. Second 10 percent improvement in energy efficiency causes the greatest increase in the output level of sectors (related to gasoline, gasoil and electricity) respectively, in the "transport", "transport" and "other services" by 0.62, 0.51 and 0.32 percent. Thirdly 10 percent improvement in energy efficiency increases the GDP respectively 0.17, 0.15 and 0.11 percent.

Keywords: Energy Carriers, Efficiency, CGE.
JEL Classification: C68, Q43, R22.

1. Assistant Professor of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences (Corresponding Author), Email: m.khosroshahi@alzahra.ac.ir