برآورد اثر بازگشتی مستقیم ناشی از مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران با لحاظ عدم تقارن تغییرات قیمت گاز

موسی خوشکلام خسروشاهی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۵

چکیده

با توجه به اینکه بهبود کارائی مصرف انرژی و اثر بازگشتی ناشی از آن در ادبیات اقتصاد انرژی بسیار مورد توجه است ازاینرو مقاله حاضر با بکارگیری رویکرد ARDL به تخمین اندازه اثر بازگشتی مستقیم مربوط به مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران پرداخته و برای این منظور از داده‌های دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۵ و روش‌شناسی مبتنی بر تخمین کشش تقاضای گاز طبیعی با توجه به قیمت‌های شکسته‌شده بهره گرفته شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که اولاً اثر بازگشتی مستقیم مربوط به مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی کشور وجود داشته و در نتیجه صرفه‌جویی انرژی ناشی از بهبود کارائی انرژی کمتر از انتظار خواهد بود ثانیاً اندازه اثر بازگشتی مستقیم مربوط به تقاضای خانگی گاز طبیعی در کوتاه‌مدت برابر با ۶۹ درصد و در بلندمدت برابر با ۷۸ درصد است. همچنین یافته‌ها حاکی از عدم وجود اثر معکوس ناشی از مصرف گاز طبیعی خانگی بوده و لذا بکارگیری سیاست‌هایی در زمینه بهبود کارائی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: گاز طبیعی، اثر بازگشتی، تجزیه قیمت، بخش خانگی.

طبقه بندی JEL: C13، D61، L95، Q42.

---

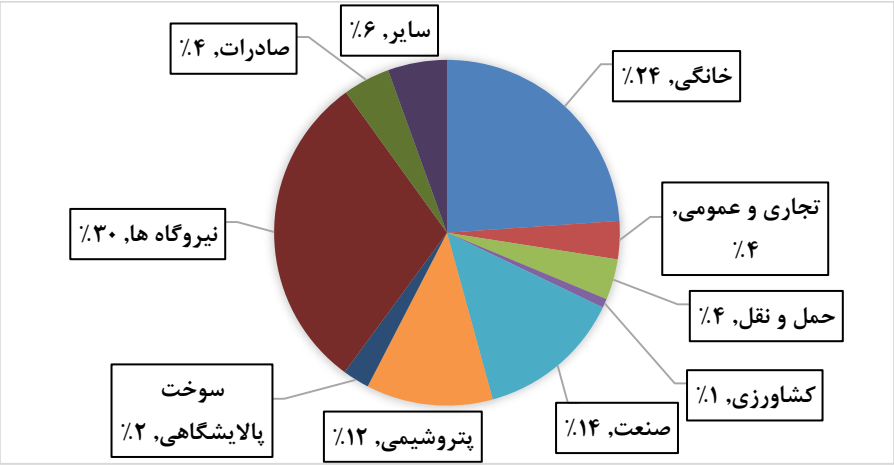
۱. استادیار دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا Email:m.khosroshahi@alzahra.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه در اقتصاد جهانی، انرژی از نقش حائز اهمیتی برخوردار است بطوریکه بدون وجود آن بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی با تعطیلی مواجه خواهند بود. در بین انواع مختلف حامل‌های انرژی، گاز طبیعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که یکی از اصلی‌ترین دلایل آن انتشار کمترین میزان آلایندگی در قیاس با سایر حامل‌های انرژی است. آمارهای آژانس بین‌المللی انرژی[1] حاکی از آن است که در سال ۲۰۱۶، سهم گاز طبیعی از کل انرژی نهایی مصرف شده در سطح جهانی برابر با ۱۵ درصد است که بعد از فرآورده‌های نفتی و برق با سهم‌های به ترتیب برابر با ۴۰ و ۱۸ درصد در رتبه سوم قرار دارد. در بین بخش‌های مصرف‌کننده گاز طبیعی نیز بعد از بخش صنعت، بخش خانگی با سهمی برابر با ۳۰ درصد در رده دوم قرار دارد. قابل ذکر است که طبق گزارش‌های بین‌المللی، روند رشد مصرف نهایی گاز طبیعی در قیاس با سایر حامل‌های انرژی از نرخ فزاینده‌تری برخوردار بوده و رفته رفته سهم گاز طبیعی از مصرف نهایی حامل‌های انرژی در سطح جهانی در حال افزایش است[2]. طبق ترازنامه انرژی ایران، سهم گاز طبیعی از کل مصرف نهایی انرژی کشور در سال ۱۳۹۴ برابر با ۵۴ درصد است که در رتبه اول قرار داشته و نفت (که شامل فرآورده‌های نفتی نیز است) و برق با سهم‌های به ترتیب برابر با ۳۵ و ۱۰ درصد در رده‌های بعدی قرار دارند.

نمودار (۱) نشان‌دهنده سهم بخش‌های مختلف از مصرف گاز طبیعی در سال ۱۳۹۴ بوده و ملاحظه می‌شود که بخش‌های نیروگاه‌ها، خانگی و صنعت به ترتیب با ۳۰، ۲۴ و ۱۴ درصد در رده‌های اول تا سوم هستند که تمرکز مقاله حاضر بر بخش خانگی است.

1. International Energy Agency (IEA)
2. Annual Energy Outlook 2017 (with Projections to 2050)



نمودار ۱. سهم بخش‌های مختلف از مصرف گاز طبیعی در سال ۱۳۹۴ (درصد)

منبع: ترازنامه انرژی ۱۳۹۴

با توجه به اینکه مبادی اصلی مصرف گاز طبیعی شامل صادرات گاز طبیعی، تزریق گاز طبیعی به میادین نفتی برای افزایش ضریب بازیافت مخازن نفتی و مصرف داخلی هستند بنابراین صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی در بخش‌های مختلف بویژه بخش خانگی که از پرمصرف‌ترین بخش‌های کشور محسوب می‌شود، باعث می‌شود تا بتوان از طریق صادرات گاز طبیعی یا تزریق به میادین نفتی عواید بیشتری را از این منبع طبیعی نصیب کشور کرد. علاوه بر این، رفتار مصرفی در ایران نیز توام با تلفات زیاد در مصرف گاز طبیعی در بخش‌های مختلف از جمله بخش خانگی است که لزوم توجه به صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی را نشان می‌دهد. در این راستا یکی از گزینه‌هایی که برای صرفه‌جویی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی مطرح است عبارت از بهبود کارائی مصرف این حامل انرژی است. بهبود کارائی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی به عنوان یک استراتژی موثر در کاهش تقاضای گاز مطرح بوده اما افزایش در کارائی لزوماً منجر به همان میزان کاهش در تقاضای گاز نشده بلکه میزان صرفه‌جویی گاز طبیعی به دلیل تغییر نگرش و رفتار مصرف‌کنندگان تضعیف می‌شود که اصطلاحاً اثر بازگشتی[1] رخ می‌دهد.

1. Rebound Effect

اثر بازگشتی نشان‌دهنده واکنش رفتاری و نگرشی به بهبود کارائی انرژی بوده و لذا میزان صرفه‌جویی انرژی نیز وابسته به میزان واکنش‌های رفتاری و نگرشی مصرف‌کنندگان است. اگرچه مفهوم اثر بازگشتی به مطالعه جوونز در سال ۱۸۶۵[1] برمی‌گردد اما در مطالعات دهه ۱۹۸۰ و بعد از آن نیز در دو دسته مطالعات دانشگاهی و سیاستی مورد استفاده قرار گرفته است. رابطه علّی مثبت بین کارائی انرژی و تقاضای انرژی توسط جوونز در سال ۱۸۶۵ و بعد از نادیده گرفته شدن در دوره‌ای بالغ بر یک قرن مورد شناسایی قرار گرفت (بلاید و همکاران، ۲۰۱۸)[2].

تمرکز این مقاله بر اثر بازگشتی مستقیم مربوط به مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران بوده و فرضیه اصلی این است که عوامل مختلفی بر نگرش و رفتار خانوارها تاثیر دارند که باعث محدود شدن صرفه‌جویی انرژی[3] انتظاری ناشی از بهبود کارائی انرژی می‌شود. نوآوری‌های مقاله حاضر نسبت به مطالعات قبلی عبارتند از اینکه (اولاً) مقدار اثر بازگشتی مستقیم مربوط به تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی برآورد می‌شود[4] همچنین وجود یا عدم وجود اثر معکوس[5] و مقدار آن برآورد می‌شود (ثانیاً) با بکارگیری رویکرد هم‌انباشتگی ARDL که نسبت به سایر رویکردهای هم‌انباشتگی همچون انگل و گرنجر (۱۹۸۷)[6] و جوهانوسن و جوسلیوس (۱۹۹۰)[7] برتری دارد، برآوردهایی از مقدار اثر بازگشتی گاز طبیعی خانگی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت ارائه می‌شود. یکی از مزیت‌های ARDL عبارت از توانمندی این روش در تخمین رابطه بلندمدت بدون توجه به I(0) یا I(1) بودن متغیرهای توضیحی است. (ثالثاً) با توجه به اینکه کشش قیمتی انرژی

1. Jevons, 1865
2. Belaid et. al. (2018)
۳. Energy Conservation یا صرفه‌جویی انرژی عبارت از مجموعه اقداماتی است که مصرف‌کنندگان انرژی انجام می‌دهند تا مصرف انرژی کاهش یابد.
۴. برآورد اثر بازگشتی مربوط به گاز طبیعی در هیچ مطالعه داخلی صورت نگرفته است.
5. Backfire Effect
6. Engle and Granger, 1987
7. Johansen and Juselius, 1990

نسبت به افزایش یا کاهش در قیمت انرژی واکنش همسانی ندارد لذا تلاش شده است تا از طریق تجزیه قیمت گاز طبیعی و برآورد کشش قیمتی مربوط به کاهش قیمت گاز طبیعی، برآورد دقیق‌تری از اثر بازگشتی ارائه گردد.

ساختار مقاله به این ترتیب است که در ابتدا تعریف اثر بازگشتی و سپس مبانی نظری و روش اندازه‌گیری آن آورده شده است. در ادامه ضمن تبیین پیشینه تحقیق، نحوه گردآوری دادها مورد اشاره قرار گرفته‌اند. تصریح مدل تشکیل‌دهنده بخش بعدی مقاله بوده و در ادامه، آزمون‌ها و نتایج تخمین مدل‌ها ذکر شده‌اند. بخش پایانی نیز مربوط به نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی است.

۲. تعریف اثر بازگشتی

یکی از مفاهیم مهم در ادبیات اقتصاد انرژی، اثر بازگشتی است. اثر بازگشتی به این معنی است که اثرگذاری بهبود کارائی مصرف انرژی بر میزان مصرف انرژی کمتر از آن مقداری است که (قبل از بهبود کارایی مصرف انرژی) انتظار می‌رفت (خوشکلام خسروشاهی، ۱۳۹۶). منشا ایجاد اثر بازگشتی، از یکسو مربوط به کاهش قیمت‌های موثر انرژی در نتیجه بهبود کارائی بوده و از سوی دیگر مربوط به ایجاد اثرات جانشینی، درآمدی و ... است. نخستین مطالعات در زمینه اثرات بازگشتی به دهه ۱۹۷۰ میلادی برمی‌گردد اما در دهه‌های بعد بحث اثرات بازگشتی بطور گسترده‌تری مورد بررسی قرار گرفت. گرینیینگ و همکاران (۲۰۰۰)[1]، اثرات بازگشتی را به دو دسته اثرات بازگشتی مستقیم[2] و اثرات بازگشتی غیرمستقیم[3] تقسیم‌بندی می‌کنند[4]. مجموع اثر بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم را اثر بازگشتی کل گویند (اسماعیل‌نیا و اختیاری، ۱۳۹۱).

1. Greening et. al. (2000)
2. Direct rebound effect
3. Indirect Rebound Effect

۴. اثرات بازگشتی هم در مورد مصرف‌کنندگان کالاها و خدمات (Consumers) و هم در مورد تولیدکنندگان کالاها و خدمات (Producers) به دو دسته مستقیم و غیرمستقیم تقسیم بندی می‌شود که در مقاله حاضر از نگاه مصرف‌کنندگان بررسی صورت می‌گیرد.

اثر بازگشتی مستقیم اثری است که به خدمات انرژی مربوط بوده و به انرژی‌ای که برای فرآهم کردن آن خدمات مورد نیاز است محدود می‌شود. هنگامیکه کارایی انرژی بهبود می‌یابد، قیمت خدمات انرژی کاهش یافته و در نتیجه تقاضا برای خدمات انرژی افزایش می‌یابد. این مسئله موجب بوجود آمدن اثر جانشینی در بکارگیری بیشترِ آن دسته از خدمات انرژی می‌شود که کاهش قیمت داشته‌اند. بنابراین افزایش تقاضا موجب از بین رفتن مقداری از صرفه‌جویی انتظاری و بالقوه انرژی شده و در نتیجه می‌توان گفت افزایش کارایی انرژی بطور مستقیم و از طریق افزایش مصرف انرژی منجر به از بین رفتن مقداری از صرفه‌جویی انتظاری انرژی خواهد شد که همان اثر بازگشتی مستقیم است. اثر بازگشتی غیرمستقیم به نوع دیگری از تقاضای انرژی مربوط است که برای تهیه دیگر کالاها و خدماتی که بهبود کارایی در آنها صورت نگرفته، مورد نیاز است. در این حالت نیز افزایش مصرف کالاها و خدمات ناشی از بهبود کارایی انرژی است بدین ترتیب که وقتی با افزایش کارایی، قیمت خدمات انرژی کاهش می‌یابد، درآمد واقعی افزایش یافته و قدرت خرید مصرف‌کننده بالا می‌رود در نتیجه تقاضا برای دیگر کالاها و خدمات افزایش یافته و از آنجاییکه در فرآیند تولید سایر کالاها و خدمات، از انرژی به عنوان نهاده تولیدی استفاده می‌شود، کل مصرف انرژی در حوزه‌هایی که بطور مستقیم تحت تاثیر کارایی انرژی نیستند، افزایش خواهد یافت و لذا از این طریق نیز مقداری از انرژی صرفه‌جویی شده دوباره به چرخه مصرف برمی‌گردد. این امر به نوبه خود مصرف انرژی را بالا برده و سبب می‌شود تا بخش دیگری از صرفه‌جویی انتظاری انرژی مصرف شود. این افزایش مصرف انرژی بیانگر اثر بازگشتی غیرمستقیم است (اسماعیل‌نیا و اختیاری، ۱۳۹۱).

۳. مبانی نظری و روش اندازه‌گیری اثر بازگشتی

بدنبال بهبود کارائی انرژی، شکل‌گیری صرفه‌جویی انتظاری انرژی[1] قابل تصور است اما آنچه در واقعیت و بدنبال بهبود کارائی انرژی رخ می‌دهد عبارت از صرفه‌جویی انرژی به مقدار واقعی[2] است که لزوماً با صرفه‌جویی انتظاری انرژی مطابقت ندارد. بنابراین اثر بازگشتی را می‌توان به کمک رابطه $RE = \frac{Expected - Actual}{Expected} * 100$ اندازه‌گیری کرد (سورل، ۲۰۰۷)[3].

۳-۱. مبانی نظری اثر بازگشتی مستقیم

با فرض اینکه مصرف‌کنندگانِ حداکثرکننده مطلوبیت دارای رفتاری عقلایی بوده و دارای اطلاعات کامل باشندآنگاه اثر بازگشتی مستقیم را می‌توان در چارچوب ساده نئوکلاسیکی بیان کرد. سورل (۲۰۰۷) فرض می‌کند که مطلوبیت تابعی از مصرف انواع کالاها و خدمات بوده که خدمت انرژی (ES)[4] یکی از آنها است[5]. بدیهی است که مطلوبیت از طریق خدمت انرژی و نه مصرف انرژی بدست می‌آید. یکی از ویژگی‌های هر خدمت انرژی عبارت از کار مفید (S)[6]

حاصل از آن است. با توجه به اینکه خدمات انرژی دارای خواص گسترده‌ای (A)[7] هستند که به طرق مختلفی با کار مفید ترکیب می‌شوند، بنابراین ترکیب S با A، فرآهم آورنده خدمت کاملی از انرژی هستند (ES=f(S,A)).

---

1. Expected Energy Saving
2. Actual Energy Saving
3. Sorrell (2007)
4. Energy Service

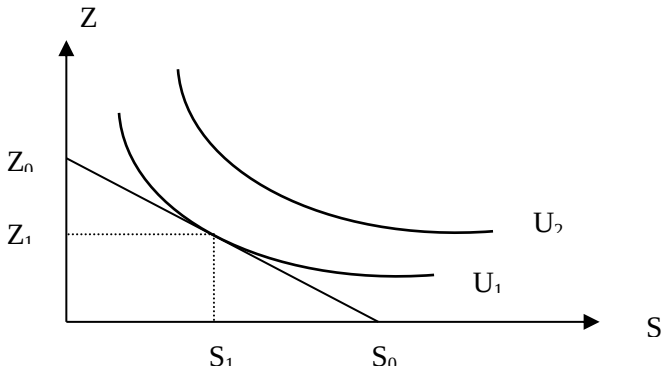
۵. خدمت انرژی (مثل گرمایش) از ترکیب انرژی (مثل گاز طبیعی) با وسایل تبدیل‌کننده انرژی به کار مفید (مثل بخاری گازی) حاصل می‌شود.

۶. مثلاً کار مفید حاصل از گرمایش را می‌توان با دمای محیط بر حسب درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری کرد.

۷. مثلاً برخی از خواصی که برای بخاری گازی می‌توان ذکرکرد عبارتند از کیفیت بخاری، اندازه و میزان جاگیری بخاری، جنس بدنه بخاری و ...

کارائی انرژی (ε) از نسبت کار مفید به نهاده انرژی حاصل می‌شود ($\varepsilon = \frac{S}{E}$). قیمت کار مفید (P_S) که گاهاً قیمت موثر انرژی نیز نامیده می‌شود عبارت از $P_S = \frac{P_E}{\varepsilon}$ است که P_E قیمت هر واحد انرژی (مثل ریال/متر مکعب گاز طبیعی) است. P_S یکی از اجزای هزینه کل کار مفید (P_G) است. سایر اجزاء شامل هزینه‌های سرمایه‌ای سالیانه، هزینه‌های نگهداری، هزینه‌های زمان و ... است. بهبود کارائی انرژی باعث کاهش قیمت موثر انرژی می‌شود. البته با توجه به اینکه کاهش قیمت موثر انرژی می‌تواند سایر هزینه‌ها را نیز تحت تاثیر قرار دهد لذا سایر هزینه‌ها و خواص خدمت انرژی ثابت فرض می‌شوند.

بهبود کارائی انرژی، عاملی برای کاهش قیمت کار مفید (P_S) و یا قیمت موثر انرژی است از اینرو شاید انتظار بر این باشد که مصرف کار مفید افزایش پیدا کند. عکس‌العمل به این کاهش در قیمت موثر انرژی را می‌توان بصورت نموداری و با استفاده از منحنی‌های بی‌تفاوتی نشان داد. این منحنی‌ها نشان‌دهنده ترکیب‌های متفاوتی از کالاها/خدمات هستند که مصرف‌کنندگان در آن ترکیب از کالاها/خدمات بی‌تفاوتند. در نمودار (۲) منحنی‌های U_1 وU_2 نشان‌دهنده منحنی‌های بی‌تفاوتی بین کار مفید ناشی از نوع خاصی از انرژی (S) و سایر کالاها یا خدمات (Z) است. در ابتدا فرض می‌شود که مصرف‌کننده کل درآمد (Y) خود را برای دو کالای S و Z هزینه کرده و هزینه‌های غیرانرژی مربوط به خدمت انرژی صفر باشد. خط S_0-Z_0 نشان‌دهنده قید بودجه مصرف‌کننده است. اگر P_Sنشان‌دهنده قیمت کار مفید و P_Z قیمت یک واحد از سایر کالاها و خدمات باشد، معادله قید بودجه را می‌توان بصورت $Y \geq P_S S_0 + P_Z Z_0$ نوشت که شیب قید بودجه نیز برابر با P_S/P_Z است.



نمودار۲. تبادل بین مصرف کار مفید و مصرف سایر کالاها

منبع: سورل (۲۰۰۷)

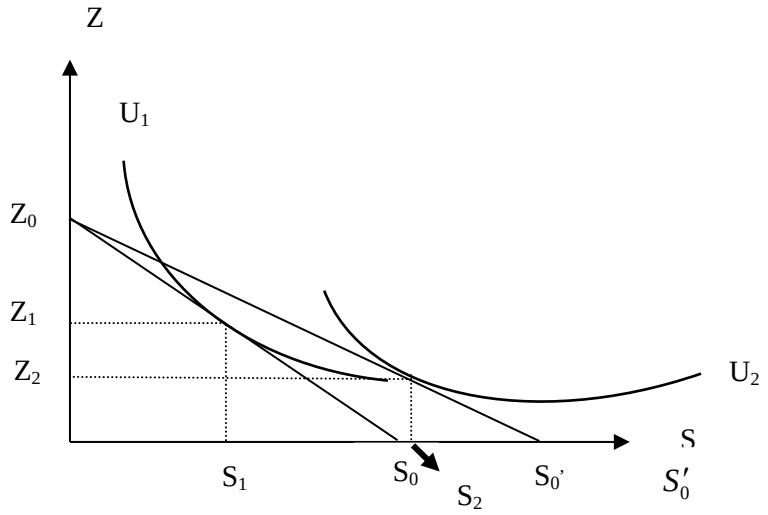
فرض شود که E(s) مصرف انرژی توأم با مقدار s از کار مفید بوده (برای y>x داریم (E(y)>E(x)) و سطح اولیه مصرف انرژی $E(s_1)$ باشد. حال فرض کنیم بهبود برونزایی در کارائی وسیله تبدیل‌کننده انرژی رخ دهد[1] بنابراین مقدار جدید مصرف انرژی برابر با $E^*(s)$ است که داریم ((E*(s)<E(s)). درصد انتظاری صرفه‌جویی انرژی در نتیجه بهبود کارائی از رابطه (۱) بدست می‌آید:

$$Expected = \frac{E(s_1) - E^*(s_1)}{E(s_1)} \times 100\% \qquad (۱)$$

در این رابطه، درصد صرفه‌جویی انرژی بیش از درصد واقعی صرفه‌جویی انرژی برآورد شده است زیرا فرض شده که بدنبال بهبود کارائی انرژی، کار مفید (s) بدون تغییر بوده است. اگر قیمت اسمی انرژی بدون تغییر باشد، بهبود کارائی انرژی باعث کاهش قیمت موثر انرژی شده ($P'_S \prec P_S$) و لذا هم مصرف کار مفید و هم مطلوبیت افزایش خواهند یافت. با توجه به نمودار (۳) چنانچه مصرف‌کننده کل بودجه خود را برای کار مفید هزینه کند، قادر به مصرف مقدار بیشتری (S'_0) خواهد بود. این رویداد با جابه‌جایی

۱. قابل ذکر است که بهبود کارائی بدون در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به آن است. به عبارت دیگر، بهبود کارائی بصورت برونزا است.

خط بودجه از $Z_0 - S_0$ به $Z_0 - S_0'$ نشان داده شده است. در اصطلاح، درآمد واقعی مصرف‌کننده افزایش یافته در حالیکه درآمد اسمی وی بدون تغییر مانده است. ترکیب بهینه مصرف در نقطه (S_2,Z_2) حاصل می‌شود که در آن خط بودجه جدید بر منحنی بی‌تفاوتی U_2 (که نشان‌دهنده بیشترین مقدار مطلوبیتی است که می‌توانست از سطح جدید درآمد واقعی بدست آید) مماس است. لذا کار مفید افزایش یافته ($S_2>S_1$)، مصرف سایر کالاها و خدمات کاهش یافته ($Z_2<Z_1$) و مصرف‌کننده سطح بالاتری از مطلوبیت ($U_2>U_1$) را بدست آورده است.



نمودار۳. تغییر مصرف بدنبال بهبود کارائی انرژی

منبع: سورل (۲۰۰۷)

درصد واقعی صرفه‌جویی انرژی بصورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$Actual = \frac{E(s_1) - E^*(s_2)}{E(s_1)} \times 100\% \qquad (۲)$$

بدیهی است که $E^*(s_2) \succ E^*(s_1)$ بوده و $Actual \le Expected$ است. هرچند مصرف انرژی به ازای هر واحد کار مفید، کاهش یافته ($E^*(s) \prec E(s)$) اما مصرف کار مفید افزایش داشته است ($S_2>S_1$). این دو اثر خنثی‌کننده یکدیگر بوده و در نتیجه

علامت $Actual$ مبهم است: بهبود کارائی انرژی شاید باعث افزایش و شاید باعث کاهش مصرف انرژی شود لذا اثر بازگشتی مستقیم (REB_d) را می‌توان بصورت رابطه (۳) نوشت:

$$REB_d = \frac{Expected - Actual}{Expected} \times 100\% \qquad (۳)$$

حال اگر درصد واقعی صرفه‌جویی انرژی برابر با درصد انتظاری باشد ($Expected = Actual$) آنگاه اثر بازگشتی مستقیم برابر صفر شده اما اگر درصد واقعی صرفه‌جویی انرژی برابر با صفر باشد ($Actual = 0$) آنگاه اثر بازگشتی مستقیم برابر با ۱۰۰ درصد خواهد بود. در حالت دیگر چنانچه مصرف انرژی افزایش یابد ($Actual < 0$)، اثر بازگشتی مستقیم بزرگتر از ۱۰۰ درصد خواهد بود که معروف به اثر معکوس است (سورل[1]، ۲۰۰۷).

$$REB_d = \frac{(E(s_1) - E^*(s_1)) - (E(s_1) - E^*(s_2))}{E(s_1) - E^*(s_1)} \times 100\% \qquad (۴)$$

$$REB_d = \frac{E^*(s_2) - E^*(s_1)}{E(s_1) - E^*(s_1)} \times 100\% \qquad (۵)$$

۳-۲. اندازه‌گیری اثر بازگشتی مستقیم

مطالعات متعدد در دهه‌های مختلف از روش‌شناسی‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری اثر بازگشتی استفاده کرده‌اند که با مروری بر آنها دو رویکرد مجزا ملاحظه می‌شود. نخست، رویکرد شبه‌تجربی[2] است که متکی بر مقایسه مصرف انرژی قبل و بعد از بهبود کارائی بوده و به در دسترس بودن داده‌های دقیق و متغیرهای کنترل وابسته است. رویکرد دوم متکی به اقتصادسنجی[3] است که شامل تحلیل مقطعی، تحلیل مبتنی بر داده‌های سری زمانی و داده‌های پانل است(سورل و همکاران، ۲۰۰۹). با رویکرد دوم، اقتصاددانان اقدام به ارزیابی کشش کارائی خدمت انرژی (حساسیت تقاضای خدمت انرژی به بهبود کارائی انرژی) می‌کنند اما چون در این حالت مشکل فقدان داده برای کارائی انرژی وجود دارد

1. Sorrell
2. Quasi-Experimental Approach
3. Econometric Approach

لذا از کشش قیمتی خدمت انرژی استفاده می‌شود که مقاله حاضر نیز متمرکز بر این روش از رویکرد اقتصادسنجی است. ارزیابی اثر بازگشتی با استفاده از کشش قیمتی خدمت انرژی در بسیاری از مطالعات بکار گرفته شده است.

برخوت و همکاران (۲۰۰۰)[1] با در نظر گرفتن فروضی (فرض اول: واکنش مصرف‌کنندگان به بهبود کارائی انرژی و کاهش در قیمت انرژی مشابه است. فرض دوم: کارائی انرژی متاثر از تغییرات در قیمت انرژی نیست $\eta_{P_E}(\varepsilon)=0$)، اثر بازگشتی را با استفاده از برآورد کشش قیمتی بصورت رابطه زیر اثبات کردند.

$$\eta_{\varepsilon}(E)=-\eta_{P_S}(S)-1 \qquad (۶)$$

در این رابطه، $\eta_{\varepsilon}(E)$ نشان‌دهنده کشش کارایی انرژی و $\eta_{P_S}(S)$ نشان‌دهنده کشش خدمت انرژی نسبت به قیمت خدمت انرژی ($P_S=\frac{P_E}{\varepsilon}$) است. با توجه به اینکه سورل و دیمیتروپولوس (۲۰۰۶)[2] ثابت کردند $\eta_{P_S}(S)=\eta_{P_E}(E)$، بنابراین $-\eta_{P_E}(E)*100$ به عنوان اندازه اثر بازگشتی می‌باشد که $\eta_{P_E}(E)$ همان کشش قیمتی تقاضای انرژی است. بنابراین اثر بازگشتی و قیمت انرژی ارتباط تنگاتنگی دارند بطوریکه بالا بودن کشش قیمتی انرژی القاءکننده بالا بودن اثر بازگشتی است. قابل ذکر است که عبارت ۱- در انتهای رابطه (۶) متناظر با پتانسیل صرفه‌جویی انرژی است.

یکی از مشکلات روش فوق‌الذکر این است که کشش قیمتی انرژی نسبت به افزایش یا کاهش در قیمت انرژی واکنش همسانی دارد که البته منطبق با واقعیت نیست زیرا اگر قیمت انرژی افزایش یابد آنگاه خانوارها امکان سرمایه‌گذاری در وسایل انرژی-کارا دارند که برگشت‌ناپذیر است اما اگر قیمت انرژی کاهش یابد، تکنولوژی‌ها قابل حذف شدن نیستند و صرفاً سهم برگشت‌پذیر کارائی انرژی می‌تواند توسط خانوارها تعدیل شده و افزایش یابد که شکل‌دهنده اثر بازگشتی است.

1. Berkhout et. al
2. Dimitropoulos and Sorrell

در مقاله حاضر جهت غلبه بر این مشکل، از تجزیه قیمت انرژی (معرفی شده توسط گیتلی و دارگی (۱۹۹۵)[1]) که به صورت جدول (۱) است استفاده می‌گردد. در واقع در این حالت، قیمت انرژی (که در این مقاله عبارت از گاز طبیعی است) در هر سال به سه جزء تفکیک شده و برای محاسبه اثر بازگشتی، کشش قیمتی مربوط به یکی از این اجزاء که $P_{cut,t}$ است، مد نظر خواهد بود. P_t قیمت گاز طبیعی در سال t، $P_{cut,t}$ سری تجمعی از شکست قیمت گاز طبیعی[2] (غیر مثبت و غیرصعودی)، $P_{rec,t}$ سری تجمعی از بازگشت قیمت گاز طبیعی[3] (غیر منفی و غیرنزولی) و $P_{max,t}$ حداکثر قیمت گاز طبیعی تا زمان t (مثبت و غیرنزولی) است. قیمت‌ها بصورت لگاریتمی در مدل بکار گرفته می‌شوند.

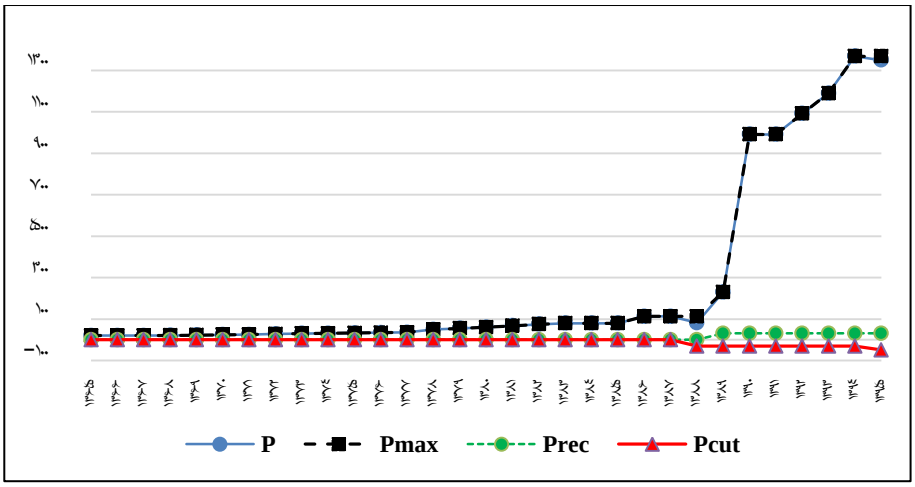
جدول ۱. تجزیه قیمت گاز طبیعی

$P_t = P_{\max,t} + P_{cut,t} + P_{rec,t}$
$P_{\max,t} = \max\{P_0, P_1, ..., P_t\}$
$P_{cut,t} = \sum_{i=0}^{t} \min\{0, (P_{\max,i-1} - P_{i-1}) - (P_{\max,i} - P_i)\}$
$P_{rec,t} = \sum_{i=0}^{t} \max\{0, (P_{\max,i-1} - P_{i-1}) - (P_{\max,i} - P_i)\}$

منبع: گیتلی و دارگی، ۱۹۹۵

به دنبال انجام محاسبات و استخراج سری زمانی مربوط به داده‌های $P_t, P_{\max,t}, P_{cut,t}, P_{rec,t}$، نمودار (۴) نشان‌دهنده روند تاریخی قیمت‌های معرفی شده در جدول (۱) است. ملاحظه می‌شود که $P_{cut,t}$ همواره پایین محور افقی و $P_{rec,t}$ همواره بالای محور افقی است.

1. Gately and Dargay
2. Cumulative Series of Price Cuts
3. Cumulative Series of Price Recoveries



نمودار۴. روند اجرای تجزیه‌شده قیمت گاز طبیعی (ریال/مترمکعب)

منبع: یافته‌های تحقیق

۴. پیشینه تحقیق

مطالعات متعددی چه در داخل کشور و چه در خارج از کشور در زمینه محاسبه اثرات بازگشتی در مورد حامل‌های مختلف انرژی و در بخش‌های مختلف انجام شده است که برخی از آنها در جدول زیر آورده شده است. همانطور که از جدول زیر نیز مشخص است، برآوردهای انجام شده بر حسب روش‌شناسی، کشور مورد بررسی، نوع انرژی مورد بررسی و غیره متفاوت است.

جدول۲: مروری بر پیشینه تحقیق

محقق	کشور	موضوع	روش	نتیجه
مطالعات خارجی				
هاس و بیرمیر (۲۰۰۰)[1]	اتریش	گرمایش محیط	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد
توماس و آزودو (۲۰۱۳)[2]	آمریکا	مصرف انرژی در بخش مسکونی	داده ستانده	اثر بازگشتی ۳۵ درصد
لین و لی (۲۰۱۴)[3]	چین	مصرف انرژی در صنایع سنگین	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی ۷۴ درصد
وانق و همکاران (۲۰۱۴)[4]	چین	مصرف برق در خانوارهای شهری	پانل دیتا	اثر بازگشتی کوتاه‌مدت ۷۲ درصد اثر بازگشتی بلندمدت ۷۴ درصد
ژانق و همکاران (۲۰۱۶)[5]	چین	مصرف برق خانگی	حد آستانه	اثر بازگشتی ۷۱/۵ درصد
وی و لیو (۲۰۱۷)[6]	سطح جهانی	انرژی	CGE	اثر بازگشتی ۷۰ درصد
فریر گونزالس (۲۰۱۷)[7]	اتحادیه اروپا	انرژی	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی ۷۳ درصد
بلاید و همکاران (۲۰۱۸)	فرانسه	تقاضای گاز	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی کوتاه‌مدت ۵۳ درصد اثر بازگشتی بلندمدت ۶۰ درصد
امجد وهمکاران (۲۰۱۸)	سوئد	برق و سایر سوخت‌ها	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی ۱۰۰٪ وجود ندارد

1. Haas and Biermayr
2. Thomas and Azevedo (2013)
3. Lin and Li (2014)
4. Wang et. al. (2014)
5. Zhang et. al. (2016)
6. Wei and Liu (2017)
7. Freire Gonzalez, J. (2017)

محقق	کشور	موضوع	روش	نتیجه
مطالعات داخلی				
منظور و همکاران (۱۳۸۹)	ایران	مصرف برق	CGE	اثر بازگشتی ۱۴/۲ درصد
اسماعیل‌نیا و اختیاری (۱۳۹۱)	ایران	مصرف سوخت خودروها	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی ۹ درصد
خوشکلام خسروشاهی، جهانگرد و عابدیان (۱۳۹۴)	ایران	مصرف بنزین	CGE	اثر بازگشتی ۱۲ درصد
دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۵)	ایران	مصرف سوخت در حمل‌ونقل جاده	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی بنزین ۶ درصد اثر بازگشتی گازوئیل ۲ درصد
خوشکلام خسروشاهی (۱۳۹۶)	ایران	مصرف بنزین، گازوئیل و برق	CGE	اثر بازگشتی بنزین ۲۹/۸ درصد اثر بازگشتی گازوئیل ۲۴/۷ درصد اثر بازگشتی برق ۲۴/۵ درصد
سالم و همکاران (۱۳۹۶)	ایران	مصرف برق خانگی	AIDS	اثر بازگشتی ۸۱ درصد
شیرانی فخر (۱۳۹۶)	ایران	مصرف گاز طبیعی در صنعت تولید فلزات اساسی	اقتصادسنجی	کشش کوتاه‌مدت ۰/۳۰- درصد کشش بلندمدت ۰/۷۹- درصد

منبع: یافته‌های تحقیق

۵. داده‌ها

در این مقاله برای برآورد اثر بازگشتی مستقیم ناشی از مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران از داده‌های سری زمانی برای دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۵ استفاده می‌شود. اصلی‌ترین عوامل اثرگذار بر تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی عبارت از قیمت گاز طبیعی، درآمد سرانه، تراکم جمعیت[1] و تاثیرات آب‌وهوایی هستند که برای تاثیرات آب‌وهوایی از شاخص نیاز به گرمایش (HDD)[2] بهره گرفته می‌شود. داده‌های مربوط به مصرف گاز طبیعی و قیمت گاز طبیعی در بخش خانگی از ترازنامه انرژی کشور در سال‌های مختلف بدست آمده‌اند. داده‌های درآمد سرانه از داده‌های سری زمانی بانک مرکزی اخذ شده و آمار تراکم جمعیت نیز از بانک جهانی گرفته شده است. نمودار (۵) نشان‌دهنده روند تغییرات قیمت گاز طبیعی بوده و وجود روند در قیمت گاز طبیعی توجیه‌کننده بکارگیری روش تجزیه قیمت ذکر شده در بخش‌های قبلی مقاله است. افزایش محسوس قیمت در سال ۱۳۹۰ مربوط به اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها است.

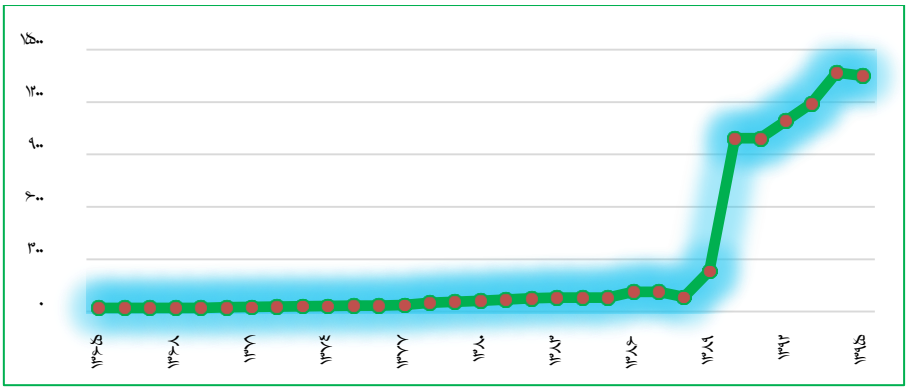
داده‌های مربوط به شاخص نیاز به گرمایش بصورت زیر محاسبه شده‌اند.

$$HDD = \sum_{j=1}^{nd} \max(0, T_H - t_j) \quad , \quad T_H = 18^0 C \qquad (۶)$$

که در آن nd تعداد روزها، t_j میانگین دمای روز jام[3] به درجه سانتی‌گراد و T_H آستانه دمایی هستند. نیاز به گرمایش بر حسب تعریف، جمع تفاضل‌های میانگین‌های روزانه دما از آستانه معین است. دمای آستانه با توجه به شرایط، اعداد متفاوتی می‌تواند باشد. در مقاله حاضر با توجه به داده‌های در دسترس، آستانه نیاز به گرمایش برابر با ۱۸ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است (کارسدو و اوترو[4]، ۲۰۰۵).

---

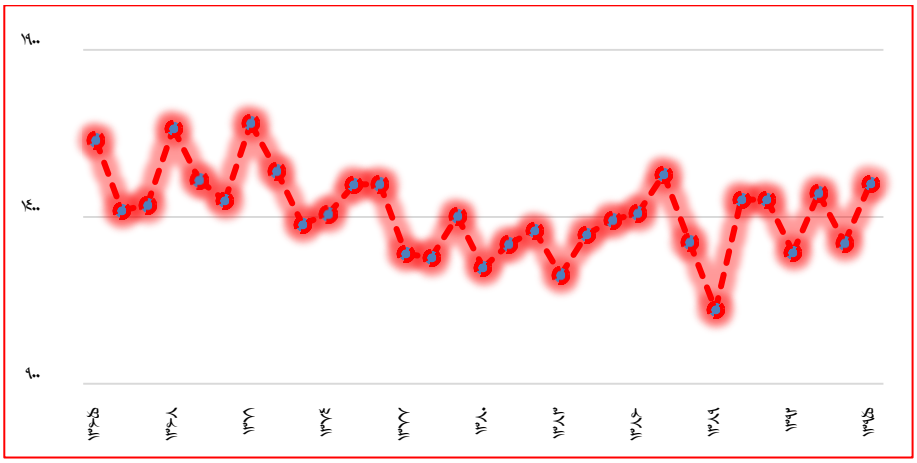
1. Population Density
2. Heating Degree Days (HDD)
۳. داده‌های مربوط به متوسط دمای روزانه، از پورتال دانش تغییرات آب و هوایی (بانک جهانی) به نشانی اینترنتی http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/ اخذ شده‌اند.
4. Carcedo and Otero, 2005



نمودار۵. روند قیمت گاز طبیعی در بخش خانگی (ریال/مترمکعب)

منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار (۶) روند تغییرات نیاز به گرمایش را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، نیاز به گرمایش در طول دوره مورد بررسی دارای روند کاهشی است.



نمودار۶. روند تغییرات نیاز به گرمایش (درجه سانتی‌گراد)

منبع: یافته‌های تحقیق

۶. تصریح مدل

با توجه به آنچه در بخش سوم مقاله تبیین گردید، برای اندازه‌گیری اثر بازگشتی مربوط به مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران نیاز است تا تابع تقاضای مربوطه با در

نظر گرفتن این نکته که قیمت گاز طبیعی به سه جزء تفکیک شده است، برآورد گردیده و از نتایج آن برای تحلیل اندازه اثر بازگشتی در کوتاه‌مدت و بلندمدت بهره برد. در این تحقیق از روش کرانه‌ای ARDL استفاده می‌گردد. این روش توسط پسران و همکاران (۲۰۰۱)[1] ارائه شده و مدل توسعه‌یافته ARDL است. این روش نسبت به سایر روش‌های قبلیِ برآورد هم‌انباشتگی مثل روش جوهانسون دارای مزایایی است. یکی از مزایا این است که روش مذکور بدون در نظر گرفتن درجه هم‌انباشتگی متغیرها و اینکه متغیرها I(0) یا I(1) هستند، قابل استفاده بوده و فقط در صورتی که متغیرها I(2) باشند نمی‌توان از این روش استفاده کرد. از آنجاییکه اغلب متغیرهای اقتصاد کلان نامانا هستند لذا این روش ابزار مناسبی محسوب می‌شود. مزیت دیگر این روش عبارت از کارایی بیشتر بکارگیری روش مذکور در نمونه‌های کوچک و محدود نسبت به سایر روش‌ها بوده و تخمین‌های کارا و بدون تورش از روابط بلندمدت مدل ارائه می‌دهد. روش کرانه‌ای ARDL بهترین و مناسب‌ترین وقفه را برای فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌ها انتخاب کرده و تعدیل مناسب وقفه‌ها در این مدل باعث تصحیح مشکلات درونزایی و خودهمبستگی سریالی بطور همزمان می‌شود (آقایی، ۱۳۹۵).

با توجه به داده‌های در دسترس و تئوری‌های اقتصادی، مدل بکار گرفته شده در این مقاله در قالب لگاریتمی- خطی بصورت رابطه (۷) است.

$$LGas_t = \beta_0 + \beta_1 LPGDP_t + \beta_2 LP_{rec,t} + \beta_3 LP_{cut,t} + \beta_4 LP_{\max,t} + \beta_5 Lpop_t + \beta_6 LHDD_t + u_t \quad (۷)$$

در این رابطه، همه متغیرها بصورت لگاریتمی بوده بطوریکه $LGas_t$ لگاریتم مصرف گاز طبیعی بخش خانگی در سال t، $LP_{rec,t}$، $LP_{cut,t}$ و $LP_{\max,t}$ به ترتیب لگاریتم قیمت بازگشتی، لگاریتم قیمت شکسته شده و لگاریتم قیمت حداکثری در سال t، $LPGDP_t$ لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت‌های ثابت ۱۳۹۰ در سال t، $Lpop_t$ لگاریتم تراکم جمعیت در سال t و $LHDD_t$ لگاریتم نیاز به گرمایش در سال t است. پارامترهای

1. Pesaran et. al. (2001)

β_1، ...، β_6 نیز به ترتیب نشان‌دهنده کشش مصرف گاز طبیعی خانگی نسبت به $LPGDP_t$، $LP_{rec,t}$، $LP_{cut,t}$، $LP_{\max,t}$، $Lpop_t$ و $LHDD_t$ هستند.

جهت بررسی وجود رابطه بلندمدت (هم‌انباشتگی)، از رویکرد کرانه‌ای ARDL بر مبنای مدل زیر استفاده می‌شود:

$$\Delta LGas_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{1i}\Delta LGas_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{2i}\Delta LPGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{3i}\Delta LP_{rec,t-i}\sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{4i}\Delta LP_{cut,t-i}$$
$$+ \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{5i}\Delta LP_{\max,t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{6i}\Delta Lpop_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{7i}\Delta LHDD_{t-i} + \beta_1 LGAS_{t-1} + \beta_2 LPGDP_{t-1}$$
$$+ \beta_3 LP_{rec,t-1} + \beta_4 LP_{cut,t-1} + \beta_5 LP_{\max,t-1} + \beta_6 Lpop_{t-1} + \beta_7 LHDD_{t-1} + \varepsilon_t$$

(۸)

وجود رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها در بلندمدت بواسطه آماره F که دارای توزیع مجانبی غیراستاندارد است، بررسی می‌شود که توسط پسران و همکاران (۲۰۰۱) معرفی شد البته بعداً توسط نارایان (۲۰۰۵)[1] در مورد سری‌های کوچک توسعه داده شد. فرضیه صفر که پذیرش آن به معنی عدم هم‌انباشتگی است عبارت از برابری همه ضرایب β در رابطه (۸) بوده و فرضیه مقابل که پذیرش آن به معنی وجود هم‌انباشتگی است عبارت از نابرابری همه ضرایب β است. قابل ذکر است که برای اظهار نظر در مورد فرضیه‌های فوق‌الذکر از مقادیر بحرانی محاسبه شده توسط پسران و همکاران (برای نمونه‌های بزرگ) و نارایان (برای نمونه‌های کوچک) استفاده می‌شود. این مقادیر بحرانی شامل کرانه بحرانی بالا (UCB)[2] و کرانه بحرانی پایین (LCB)[3] می‌باشند که به منظور بررسی وجود یا عدم وجود هم‌انباشتگی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1. Narayan (2005)
2. Upper Critical Bound
3. Lower Critical Bound

در صورتیکه رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها وجود داشته باشد آنگاه مدل تصحیح خطای نامقید (UECM)[1] بصورت رابطه (۹) برآورد می‌شود که برای بررسی روابط پویای بلندمدت و کوتاه‌مدت بین متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\Delta LGas_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{1i}\Delta LGas_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{2i}\Delta LPGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{3i}\Delta LP_{rec,t-i}\sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{4i}\Delta LP_{cut,t-i}$$
$$+\sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{5i}\Delta LP_{\max,t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{6i}\Delta Lpop_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1}\alpha_{7i}\Delta LHDD_{t-i} + \xi Z_{t-1} + v_t \quad (۹)$$

در این رابطه، Z_{t-1} عبارت تصحیح خطا بوده و ξ پارامتر سرعت تعدیل رابطه بلندمدت بعد از شوک کوتاه‌مدت است.

۷. انجام آزمون‌ها و برآورد مدل

۷-۱. آزمون مانایی متغیرها

در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی و قبل از برآورد مدل، مانایی متغیرها بررسی می‌شود. در برآورد مدل به روش کرانه‌ای ARDL فرض اساسی این است که متغیرهای مورد بررسی هم‌انباشته از مرتبه صفر یا مرتبه یک و یا هم‌انباشته از مرتبه صفر و یک هستند و هیچکدام از متغیرها هم‌انباشته از مرتبه ۲ نیستند زیرا اگر یکی از متغیرها هم‌انباشته از مرتبه ۲ باشند آنگاه انجام آزمون F برای بررسی وجود رابطه بلندمدت نامعتبر خواهد بود (آقایی، ۱۳۹۵). برای تعیین مرتبه انباشتگی هر یک از متغیرها از آزمون ریشه واحد (آزمون‌های PP[2] و ADF[3]) استفاده می‌شود. جدول (۳) نشان‌دهنده نتایج آزمون ریشه واحد بوده و ملاحظه می‌شود که برخی متغیرها در سطح مانا بوده و برخی دیگر در سطح نامانا هستند اما تفاضل مرتبه اول آنها مانا است به عبارت دیگر مانایی متغیرها ترکیبی از

1. Unrestricted Error Correction Model
2. Phillips-Perron (PP)
3. Augmented Dickey-Fuller (ADF)

I(0) و I(1) است. بنابراین بکارگیری آزمون کرانه‌های ARDL برای بررسی وجود هم‌انباشتگی بین متغیرهای مدل توجیه‌پذیر است.

جدول۳. آزمون ریشه واحد

شرح	$LGas$	LP_{rec}	LP_{cut}	$LP_{\max}$	$LPGDP$	$Lpop$	$LHDD$
آماره آزمون PP	-۱/۱۳ (۰/۹۳)	-۰/۹۱ (۰/۷۹)	-۰/۹۵ (۰/۹۱)	-۱/۰۱ (۰/۸۲)	-۱/۳۲ (۰/۶۵)	-۳/۶۵ (۰/۰۴)	-۴/۸۰ (۰/۰۰)
درجه مانایی	I(۱)	I(۱)	I(۱)	I(۱)	I(۱)	I(۰)	I(۰)
آماره آزمون ADF	-۱/۰۱ (۰/۹۵)	-۰/۷۵ (۰/۸۶)	-۰/۸۳ (۰/۹۷)	-۰/۶۹ (۰/۷۴)	-۱/۳۱ (۰/۴۵)	-۳/۳۸ (۰/۰۲)	-۴/۴۰ (۰/۰۳)
درجه مانایی	I(۱)	I(۱)	I(۱)	I(۱)	I(۱)	I(۰)	I(۰)

منبع: یافته‌های پژوهش توضیح: اعداد داخل پرانتز بیانگر سطح احتمال هستند.

۷-۲. آزمون هم‌انباشتگی

جدول (۴) نشان‌دهنده نتایج مربوط به آزمون هم‌انباشتگی بین متغیرها بوده و مبتنی بر روش کرانه‌ای ARDL معرفی‌شده توسط پسران است. این آزمون وجود رابطه بلندمدت مدل (۷) را بررسی می‌کند. ملاحظه می‌شود که چون آماره F به مراتب بزرگتر از مقدار بحرانی در کلیه سطوح احتمال خاصه سطح احتمال ۱ درصد است لذا فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم‌انباشتگی رد شده و یک رابطه هم‌انباشتگی در مدل (۷) وجود دارد.

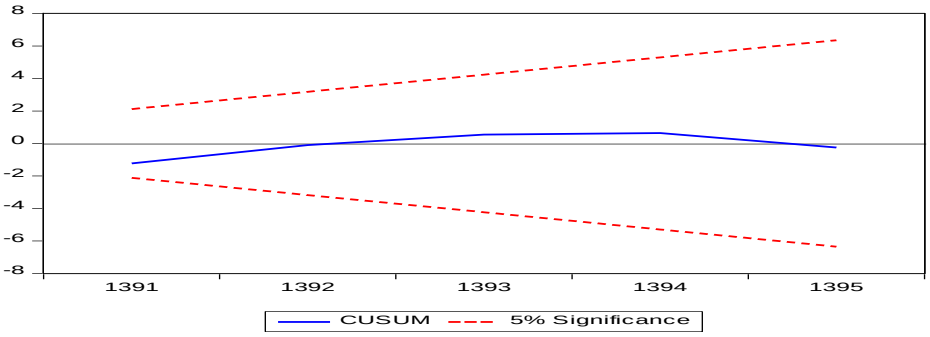
جدول۴. آزمون کرانه‌های F

آماره آزمون	مقدار آماره	سطح معنی‌داری	I(۰)	I(۱)
آماره F	۱۳/۲۰	٪۱۰	۱/۹۹	۲/۹۴
تعداد متغیرهای مستقل	۶	٪۵	۲/۲۷	۳/۲۸
		٪۱	۲/۸۸	۳/۹۹

منبع: یافته‌های پژوهش

۷-۳. بررسی ثبات پارامترها

برای اجتناب از تورش مربوط به بی‌ثباتی پارامترها، از آزمون‌های معرفی شده توسط پسران (۱۹۹۷) برای بررسی ثبات پارامترها در کوتاه‌مدت و بلندمدت استفاده می‌شود. برای این منظور از دو آزمون پسماند تجمعی (CUSUM)[1] و مجذور پسماند تجمعی (CUSUMQ)[2] بهره گرفته شده و نتایج مربوط به این آزمون‌ها در قالب نمودارهای (۷) و (۸) آورده شده است.

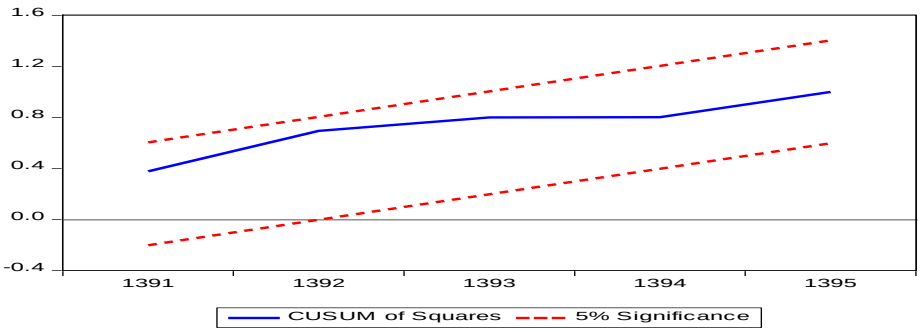


نمودار۷. نتایج آزمون CUSUM

منبع: یافته‌های تحقیق

ملاحظه می‌گردد که نمودارهای CUSUM و CUSUMQ در محدوده کرانه‌های بحرانی در سطح احتمال ۵درصد بوده و لذا ثبات پارامترهای مدل ARDL مورد تایید است.

1. Cumulative Sum of Recursive Residual (CUSAM)
2. Cumulative Sum of Squares of Recursive Residuals (CUSUMQ)



نمودار۸. نتایج آزمون CUSUMQ

منبع: یافته‌های تحقیق

۷-۴. نتایج برآورد مدل در بلندمدت

با توجه به نتایج آزمون هم‌انباشتگی و وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل، جدول (۵) نشان‌دهنده تاثیر متغیرهای مستقل بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران در بلندمدت است.

جدول۵. نتایج مدل ARDL در بلندمدت

متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	سطح احتمال
$LPGDP$	۰/۲۳	۰/۲۰۱	۲/۰۶	۰/۰۰۳
LP_{rec}	۱/۱۸	۰/۱۵۴	۶/۴۵	۰/۰۱۰
LP_{cut}	*-۰/۷۸	۰/۲۸۹	-۱/۸۹	۰/۰۸۲
$LP_{\max}$	-۰/۶۳	۰/۱۴۲	-۴/۷۳	۰/۰۳۰
$Lpop$	۱/۴۳	۰/۳۵۲	۴/۶۷	۰/۰۴۱
$LHDD$	۰/۵۶	۰/۱۹۸	۲/۱۱	۰/۰۵۰

منبع: یافته‌های پژوهش *: معنی‌دار در ۹۰ درصد

ضرایب برآورد شده برای متغیرها ضمن اینکه به لحاظ آماری معنی‌دار هستند بلکه نشان می‌دهند که افزایش در متغیرهای تولید ناخالص داخلی سرانه، تراکم جمعیت و نیاز به گرمایش باعث افزایش در مصرف گاز طبیعی خانگی می‌شوند. چنانچه تولید ناخالص داخلی سرانه، تراکم جمعیت و نیاز به گرمایش ۱ درصد افزایش یابند آنگاه مصرف گاز طبیعی خانگی به ترتیب معادل ۰/۲۳، ۱/۴۳ و ۰/۵۶ درصد افزایش می‌یابد. مطابق نتایج،

افت قیمت گاز طبیعی (LP_{cut}) در ایران تاثیر منفی و معنی‌دار بر مصرف گاز خانگی کشور در بلندمدت دارد. به عبارت دیگر، تقاضای گاز خانگی با افت قیمت گاز (LP_{cut}) افزایش می‌یابد یعنی اگر ۱ درصد کاهش در قیمت گاز طبیعی (LP_{cut}) رخ دهد آنگاه معادل ۰/۷۸ درصد تقاضای گاز خانگی در بلندمدت افزایش می‌یابد این جمله بدان معنی است که اثر بازگشتی مستقیم مربوط به مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران در بلندمدت (طبق رابطه ۶) بطور متوسط برابر با ۷۸ درصد است.

۷-۵. نتایج برآورد مدل در کوتاه‌مدت

جدول (۶) نشان‌دهنده تاثیر متغیرهای مستقل بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران در کوتاه‌مدت است.

جدول۶: نتایج مدل تصحیح خطای ARDL در کوتاه‌مدت

متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	سطح احتمال
$\Delta LPGDP$	۰/۱۵	۰/۱۸۲	۲/۱۶	۰/۰۰
ΔLP_{rec}	۱/۱۳	۰/۳۱۹	۳/۸۲	۰/۰۲
ΔLP_{cut}	*-۰/۶۹	۰/۲۸۴	-۲/۱۲	۰/۰۷
$\Delta LP_{\max}$	-۰/۵۷	۰/۱۴۳	-۳/۶۲	۰/۰۲
$\Delta Lpop$	۱/۴۱	۰/۴۹۸	۲/۶۹	۰/۰۵
$\Delta LHDD$	۰/۵۲	۰/۱۸۵	۲/۱۵	۰/۰۳
$ECT(-1)$	-۰/۹۴	۰/۲۲۸	-۴/۱۶	۰/۰۱

منبع: یافته‌های پژوهش *: معنی‌دار در ۹۰ درصد

نتایج کوتاه‌مدت مشابه با نتایج بلندمدت بوده و همانند بلندمدت، در کوتاه‌مدت نیز تاثیر تغییرات در قیمت گاز طبیعی (LP_{cut}) بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی منفی و معنی‌دار است. بنابراین اگر ۱ درصد کاهش در قیمت گاز طبیعی (LP_{cut}) رخ دهد آنگاه مصرف گاز طبیعی خانگی در کوتاه‌مدت معادل ۰/۶۹ درصد افزایش می‌یابد به عبارت دیگر، اثر بازگشتی مستقیم مربوط به مصرف گاز طبیعی بخش خانگی ایران در کوتاه‌مدت (طبق رابطه ۶) بطور متوسط برابر با ۶۹ درصد است.

ضریب مربوط به متغیر ECT(-1) که نشان‌دهنده سرعت تعدیل است، برابر با ۰/۹۴- بوده و به لحاظ آماری معنی‌دار است. وجود این ضریب منفی و معنی‌دار موید وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای بکار گرفته شده است. ضریب ۰/۹۴- نشان می‌دهد که انحراف قیمت گاز طبیعی در کوتاه‌مدت، با نرخ سالیانه ۹۴ درصد در جهت نیل به تعادل بلندمدت اصلاح می‌شود.

یافته‌های تحقیق موید وجود اثر بازگشتی مستقیم ناشی از مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران است بطوریکه طبق ضریب برآورد شده در کوتاه‌مدت، ۶۹ درصد از صرفه‌جویی انتظاری گاز طبیعی ناشی از هرگونه بهبود در کارائی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران بواسطه تعدیل‌های رفتاری خانوارها می‌تواند از بین برود. ضمناً وجود اثر معکوس در مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران رد می‌شود زیرا برآورد اثر بازگشتی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت کمتر از ۱۰۰ درصد است.

۸. نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

با توجه به نقش مهمی که تقاضای مصرفی گاز طبیعی در بخش خانگی ایران دارد، مقاله حاضر به عنوان نخستین مطالعه داخلی به برآورد اثر بازگشتی مربوط به تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی پرداخته و برای این منظور از رویکرد تجزیه قیمت گاز طبیعی به اجزای چهارگانه بهره گرفته شده است. در این مقاله از روش‌شناسی خودهمبستگی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) برای دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۵ استفاده گردید.

نتایج مقاله حاکی از آن هستند که اثر بازگشتی ناشی از مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت وجود داشته بطوریکه اثر بازگشتی مربوط به تقاضای گاز طبیعی در کوتاه‌مدت برابر با ۶۹ درصد و در بلندمدت برابر با ۷۸ درصد است. همچنین نتایج حاکیست که هیچ‌گونه اثر معکوس در کوتاه‌مدت و یا در بلندمدت وجود ندارد. عدم وجود اثر معکوس نشان می‌دهد که هرگونه بهبود در کارائی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی باعث می‌شود تا تقاضای گاز طبیعی بخش خانگی کاهش یابد. عدم وجود اثر معکوس، عاملی برای بیان توصیه سیاستی مبنی بر تلاش سیاست‌گذاران جهت بهبود کارائی مصرف گاز طبیعی است.

وجود اثر بازگشتی نشان می‌دهد که اثرگذاری سیاست‌های بهبود کارائی بر مصرف گاز طبیعی، کمتر از آن میزانی است که مورد انتظار سیاست‌گذاران بوده است. وجود اثر بازگشتی ۶۹ درصد در کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که تنها ۳۱ درصد از صرفه‌جویی انتظاری گاز طبیعی (پیش‌بینی‌شده توسط مدل‌های فنی و مهندسی) قابل تحقق بوده و مابقی آن به قصد بهبود رفاهی توسط خانوارها جذب می‌شود. وجود اثر بازگشتی ۷۸ درصد در بلندمدت نیز نشان می‌دهد که تنها ۲۲ درصد از صرفه‌جویی انتظاری گاز طبیعی قابل تحقق بوده و مابقی آن توسط خانوارها جذب می‌شود. بنابراین پیش‌بینی و برآورد اثر بازگشتی توسط سیاست‌گذارانی که بدنبال هدف صرفه‌جویی مصرف انرژی هستند، بسیار ضروری بوده و به‌عنوان توصیه سیاستی قابل بیان است.

منابع و مآخذ

- Amjadi G., Lundgren T., and Persson L. (2018). The rebound Effect in Swedish Industry. *Energy Economics*. 71, 140-148.
- Aghaei M. (2016). Investigating the relationship between causality between energy consumption and economic growth by energy carriers and different economic sectors: Application of ARDL. *Quarterly Journal of Energy Economics*, 49, 103-161.
- Annual Energy Outlook 2017 (with Projections to 2050), EIA.
- Belaid F., Bakaloglou S., and Roubaud D. (2018). Direct rebound effect of residential gas demand: Empirical evidence from France. *Energy Policy*, 115, 23–31.
- Berkhout P., Muskens J., and Velthuijsen J. (2000). Defining the Rebound Effect. *Energy Policy*, 28, 425-432.
- Carcedo J., and Otero J. (2005). Modelling the non-linear response of Spanish electricity demand to temperature variations. *Energy Economics*, 27(3), 477-494.
- Dargay J., and Gately D. (1995). The imperfect price reversibility of non-transport oil demand in the OECD. *Energy Economics*, 17(1), 59-71.
- Delangizan S., Khanzadi a., and Heidarian M. (2017). Estimation and analysis of direct rebound effects due to improved fuel efficiency in Iran's road transport sector. *Quarterly Journal of Applied Economic Studies of Iran*, 6(21), 149-172.
- Energy Balance, Many Years.
- Esmaeilnia A., and Ekhtyari S. (2012). Investigating the Rebound Effects of Improving Vehicle Efficiency on Fuel Consumption. *Quarterly Journal of Energy Economics*, 34, 185-213.
- Freire-Gonzalez J. (2017). Evidence of direct and indirect rebound effect in households in EU-27 countries. *Energy Policy*, 102, 270–276.
- Greening, L., Greene, D., and Difiglio, C. (2000). Energy Efficiency and Consumption - the Rebound Effect - A Survey. *Energy Policy*, 28, 389-401.
- Haas, R., and Biermayr, P. (2000). The rebound effect for space heating empirical evidence from Austria, *Energy Policy*, 28, 403-410.
- http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/
- Khoshkalam Khosroshahi M., Jahangard M., and Abedian M. (2015). Improving the efficiency of gasoline consumption and its rebound effects in various economic activities. *Quarterly Journal of Energy Economics*, 44, 37-63.
- Khoshkalam Khosroshahi M. (2017). Investigating the economic effects of using non-tariff policies on the use of energy carriers. *Journal of Economic Modeling Research*, 29, 37-72.

- Lin, B., and 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., Aghababaei M., and Hagigi I. (2010). Analyzing the Rebound Effects Caused by Improving Efficiency in Electricity Consumption in Iran: Computable General Equilibrium Model. *Quarterly Journal of Energy Economics*, 8(28), 1-23.
- Salem A., and Akaberi M. (2017). Estimating the Direct Rebound Effect of Improving Power Consumption Efficiency in the Household Section of Urban Areas of Iran. *Iranian Energy Economics Researches*, 6(22), 45-74.
- Shrani Z. (2017). Estimation of price and production stretch of natural gas demand function in the sub-sectors of Iran's basic metals production industries. *Journal of Economic Modeling Research*, 8(30), 170-218.
- Sorrell, S. (2007). UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect. UKERC.
- Sorrell S., Dimitropoulos J. and Sommerville, M. (2009). Empirical Estimates of the Direct Rebound Effect: A Review. *Energy Policy*, 37, 1356-1371.
- Sorrell, S. and Dimitropoulos, J. (2006). The rebound effect: microeconomic definitions, extensions and limitations. In: Proceedings of the 29th IAEE International Conference. Potsdam, Germany.
- Time Series data, 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.
- Wang Z, Lu M and Wand, J. (2014). Direct rebound effect on urban residential electricity use: An empirical study in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 124-132.
- Wei, T. and Liu, Y. (2017). Estimation of global rebound effect caused by energy efficiency improvement. *Energy Economics*, 66, 27-34.
- https://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST
- Zhang, Y. and Peng, H. (2016). Measuring the direct rebound effect of China's residential electricity consumption. *Energy Procedia*, 104, 305 – 310.
- Zhang, M, Song, Y, Li, P. and Li, H. (2016). Study on affecting factors of residential energy consumption in urban and rural Jiangsu. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 330-337.

Estimating the Direct Rebound Effect of Natural Gas Consumption in the Iranian Residential Sector with the Asymmetry of Gas Price Changes

Musa Khoshkalam Khosroshahi[1]

Received: 2017/05/09 Accepted: 2018/11/26

Abstract

Considering that the improvement of energy efficiency and the resulting rebound effect in the literature of energy economics is very important, hence the present paper uses the ARDL approach to estimate the direct rebound effect of the natural gas consumption in the residential sector in Iran. For this purpose, data from the period of 1986-2016 and the methodology based on the estimation of natural gas demand elasticity according to decomposed prices have been used. The results show that, firstly, the direct rebound effect of the natural gas consumption in the residential sector exists and, as a result, energy savings due to improved energy efficiency will be less than expected. Secondly, the direct rebound effect of natural gas demand in the short run is 69% and in the long run is 78%. Also, the findings indicate that there is no backfire effect of residential consumption of natural gas. Therefore, it is recommended to apply policies to improve the efficiency of natural gas consumption in Iran's domestic sector.

Keywords: Natural Gas, Rebound Effect, Price Decomposition, Residential Sector.

JEL Classification: C13, D61, L95, Q42.

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