

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

موسی خوشکلام خسروشاهی^۱

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

چکیده

با توجه به اینکه بهبود کارایی مصرف انرژی و اثر بازگشتی ناشی از آن در ادبیات اقتصاد انرژی بسیار مورد توجه است از اینرو 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 ۱۳۶۵-۱۳۹۵ 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 کارایی 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 کارایی 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

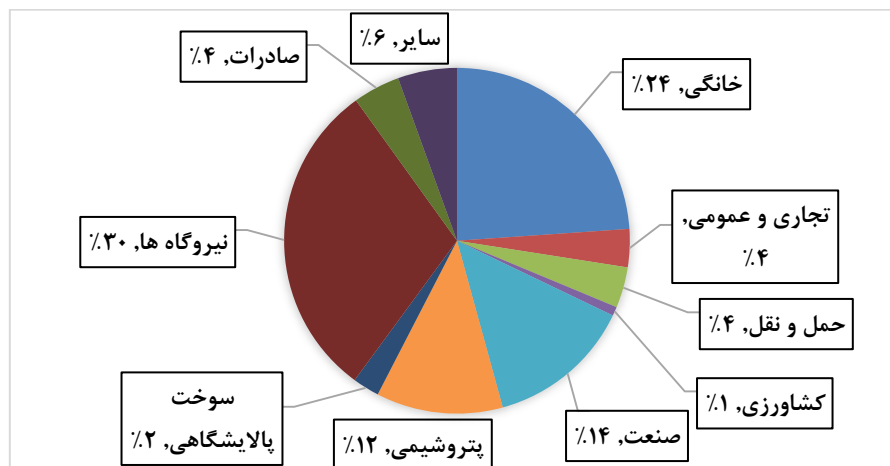
۱. مقدمه

امروزه در اقتصاد جهانی، انرژی از نقش حائز اهمیتی برخوردار است بطوریکه بدون وجود آن بسیاری از فعالیت های اقتصادی با تعطیلی مواجه خواهند بود. در بین انواع مختلف حامل های انرژی، گاز طبیعی از اهمیت ویژه ای برخوردار است که یکی از اصلی ترین دلایل آن انتشار کمترین میزان آلاینده گی در قیاس با سایر حامل های انرژی است. آمارهای آژانس بین المللی انرژی^۱ 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 فرآورده های نفتی و برق با سهم های به ترتیب برابر با ۴۰ و ۱۸ درصد در رتبه سوم قرار دارد. در بین بخش های مصرف کننده 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 گزارش های بین المللی، روند رشد مصرف نهایی گاز طبیعی در قیاس با سایر حامل های انرژی از نرخ فزاینده تری برخوردار بوده و رفته رفته سهم گاز طبیعی از مصرف نهایی حامل های انرژی در سطح جهانی در حال افزایش است.^۲ 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 فرآورده های نفتی نیز است) و برق با سهم های به ترتیب برابر با ۳۵ و ۱۰ درصد در رده های بعدی قرار دارند.

نمودار (۱) نشان دهنده سهم بخش های مختلف از مصرف گاز طبیعی در سال ۱۳۹۴ بوده و ملاحظه می شود که بخش های نیروگاه ها، خانگی و صنعت به ترتیب با ۳۰، ۲۴ و ۱۴ درصد در رده های 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 بخش های 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 صرفه جویی در مصرف گاز طبیعی در بخش های مختلف بویژه بخش خانگی که از پرمصرف ترین بخش های کشور محسوب می شود، باعث می شود 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 توأم با تلفات زیاد در مصرف گاز طبیعی در بخش های مختلف از جمله بخش خانگی است که لزوم توجه به صرفه جویی در مصرف گاز طبیعی را نشان می دهد. در این راستا یکی از گزینه هایی که برای صرفه جویی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی مطرح است عبارت از بهبود کارایی مصرف این حامل انرژی است. بهبود کارایی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی به عنوان یک استراتژی موثر در کاهش تقاضای گاز مطرح بوده اما افزایش در کارایی لزوماً منجر به همان میزان کاهش در تقاضای گاز نشده بلکه میزان صرفه جویی گاز طبیعی به دلیل تغییر نگرش و رفتار مصرف کنندگان تضعیف می شود که اصطلاحاً اثر بازگشتی^۱ رخ می دهد.

1. Rebound Effect

اثر بازگشتی نشان دهنده واکنش رفتاری و نگرشی به بهبود کارایی انرژی بوده و لذا میزان صرفه جویی انرژی نیز وابسته به میزان واکنش های رفتاری و نگرشی مصرف کنندگان است. اگرچه مفهوم اثر بازگشتی به مطالعه جوونز در سال ۱۸۶۵^۱ برمی گردد اما در مطالعات دهه ۱۹۸۰ و بعد از آن نیز در دو دسته مطالعات دانشگاهی و سیاستی مورد استفاده قرار گرفته است. رابطه علی مثبت بین کارایی انرژی و تقاضای انرژی توسط جوونز در سال ۱۸۶۵ و بعد از نادیده گرفته شدن در دوره ای بالغ بر یک قرن مورد شناسایی قرار گرفت (بلاید و همکاران، ۲۰۱۸)^۲.

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 صرفه جویی انرژی^۳ انتظاری ناشی از بهبود کارایی انرژی می شود. نوآوری های مقاله حاضر نسبت به مطالعات قبلی عبارتند از اینکه (اولاً) مقدار اثر بازگشتی مستقیم مربوط به تقاضای گاز طبیعی در بخش خانگی برآورد می شود^۴ همچنین وجود یا عدم وجود اثر معکوس^۵ و مقدار آن برآورد می شود (ثانیاً) با بکارگیری رویکرد هم انباشتگی ARDL که نسبت به سایر رویکردهای هم انباشتگی همچون انگل و گرنجر (۱۹۸۷)^۶ و جوهانوسن و جوسلیوس (۱۹۹۰)^۷ برتری دارد، برآوردهایی از مقدار اثر بازگشتی گاز طبیعی خانگی هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت ارائه می شود. یکی از مزیت های 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 صرفه جویی انرژی عبارت از مجموعه اقداماتی است که مصرف کنندگان انرژی انجام می دهند 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 داده‌ها 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 کارایی 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 کارایی 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. گرینینگ و همکاران (۲۰۰۰)^۱، اثرات بازگشتی را به دو دسته اثرات بازگشتی مستقیم^۲ و اثرات بازگشتی غیرمستقیم^۳ تقسیم‌بندی می‌کنند.^۴ 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 انرژی ای که برای فراهم کردن آن خدمات مورد نیاز است محدود می شود. هنگامیکه کارایی انرژی بهبود می یابد، قیمت خدمات انرژی کاهش یافته و در نتیجه تقاضا برای خدمات انرژی افزایش می یابد. این مسئله موجب بوجود آمدن اثر جانشینی در بکارگیری بیشتر آن دسته از خدمات انرژی می شود که کاهش قیمت داشته اند. بنابراین افزایش تقاضا موجب از بین رفتن مقداری از صرفه جویی انتظاری و بالقوه انرژی شده و در نتیجه می توان گفت افزایش کارایی انرژی بطور مستقیم و از طریق افزایش مصرف انرژی منجر به از بین رفتن مقداری از صرفه جویی 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 می یابد، درآمد واقعی افزایش یافته و قدرت خرید مصرف کننده بالا می رود 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 می شود، کل مصرف انرژی در حوزه هایی که بطور مستقیم تحت تاثیر کارایی انرژی نیستند، افزایش خواهد یافت و لذا از این طریق نیز مقداری از انرژی صرفه جویی شده دوباره به چرخه مصرف برمی گردد. این امر به نوبه خود مصرف انرژی را بالا برده و سبب می شود تا بخش دیگری از صرفه جویی انتظاری انرژی مصرف شود. این افزایش مصرف انرژی بیانگر اثر بازگشتی غیرمستقیم است (اسماعیل نیا و اختیاری، ۱۳۹۱).

۳. مبانی نظری و روش اندازه‌گیری اثر بازگشتی

بدنبال بهبود کارایی انرژی، شکل‌گیری صرفه‌جویی انتظاری انرژی^۱ قابل تصور است اما آنچه در واقعیت و بدنبال بهبود کارایی انرژی رخ می‌دهد عبارت از صرفه‌جویی انرژی به مقدار واقعی^۲ 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)^۳.

۳-۱. مبانی نظری اثر بازگشتی مستقیم

با فرض اینکه مصرف‌کنندگان حداکثر‌کننده مطلوبیت دارای رفتاری عقلایی بوده و دارای اطلاعات کامل باشند آنگاه 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)^۴ یکی از آنها است^۵. 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)^۶

حاصل از آن است. با توجه به اینکه خدمات انرژی دارای خواص گسترده‌ای (A)^۷ هستند که به طرق مختلفی با کار مفید ترکیب می‌شوند، بنابراین ترکیب S با A، فراهم 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.

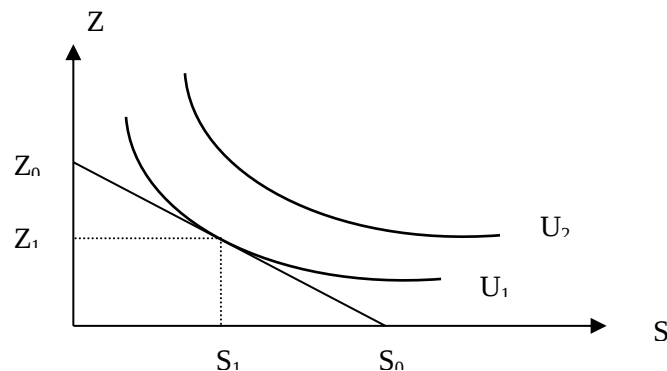
۶. مثلاً کار مفید حاصل از گرمایش را می‌توان با دمای محیط بر حسب درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری کرد.

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

کارائی انرژی (ε) از نسبت کار مفید به نهاده انرژی حاصل می شود ($\varepsilon = \frac{S}{E}$).

قیمت کار مفید (P_S) که گاهاً قیمت موثر انرژی نیز نامیده می شود 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 هزینه های سرمایه ای سالیانه، هزینه های نگهداری، هزینه های زمان و ... است. بهبود کارائی انرژی باعث کاهش قیمت موثر انرژی می شود. البته با توجه به اینکه کاهش قیمت موثر انرژی می تواند سایر هزینه ها را نیز تحت تاثیر قرار دهد لذا سایر هزینه ها و خواص خدمت انرژی ثابت فرض می شوند.

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. عکس العمل به این کاهش در قیمت موثر انرژی را می توان بصورت نموداری و با استفاده از منحنی های بی تفاوتی نشان داد. این منحنی ها نشان دهنده ترکیب های متفاوتی از کالاها/خدمات هستند که مصرف کنندگان در آن ترکیب از کالاها/خدمات بی تفاوتند. در نمودار (۲) منحنی های U_1 و U_2 نشان دهنده منحنی های بی تفاوتی بین کار مفید ناشی از نوع خاصی از انرژی (S) و سایر کالاها یا خدمات (Z) است. در ابتدا فرض می شود که مصرف کننده کل درآمد (Y) خود را برای دو کالای S و Z هزینه کرده و هزینه های غیرانرژی مربوط به خدمت انرژی صفر باشد. خط S_0-Z_0 نشان دهنده قید بودجه مصرف کننده است. اگر P_S نشان دهنده قیمت کار مفید و P_Z قیمت یک واحد از سایر کالاها و خدمات باشد، معادله قید بودجه را می توان بصورت $Y \geq P_S S_0 + P_Z Z_0$ نوشت که شیب قید بودجه نیز برابر با P_S/P_Z است.



نمودار ۲. تبادل بین مصرف کار مفید و مصرف سایر کالاها

منبع: سورل (۲۰۰۷)

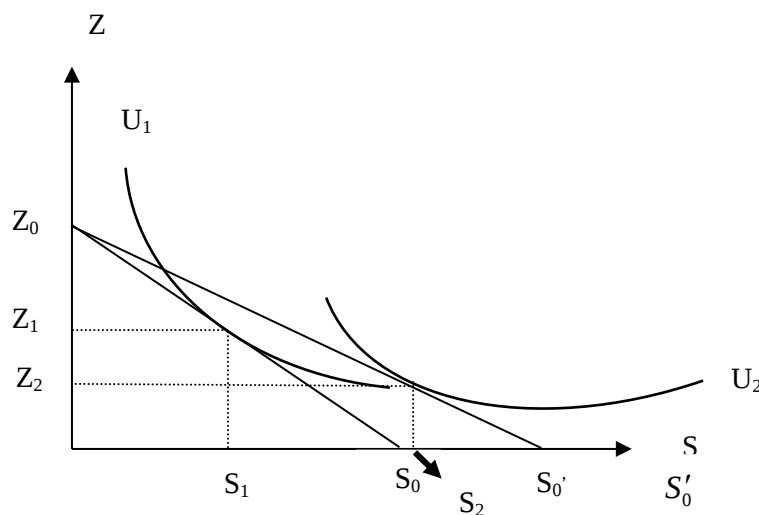
فرض شود که $E(s)$ مصرف انرژی توأم با مقدار s از کار مفید بوده (برای $y > x$ داریم $E(y) > E(x)$) و سطح اولیه مصرف انرژی $E(s_1)$ باشد. حال فرض کنیم بهبود برونزایی در کارایی وسیله تبدیل کننده انرژی رخ دهد^۱ بنابراین مقدار جدید مصرف انرژی برابر با $E^*(s)$ است که داریم $(E^*(s) < E(s))$. درصد انتظاری صرفه‌جویی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

$$Expected = \frac{E(s_1) - E^*(s_1)}{E(s_1)} \times 100\% \quad (1)$$

در این رابطه، درصد صرفه‌جویی انرژی بیش از درصد واقعی صرفه‌جویی انرژی برآورد شده است زیرا فرض شده که بدنال بهبود کارایی انرژی، کار مفید (s) بدون تغییر بوده است. اگر قیمت اسمی انرژی بدون تغییر باشد، بهبود کارایی انرژی باعث کاهش قیمت موثر انرژی شده $(P'_S < P_S)$ و لذا هم مصرف کار مفید و هم مطلوبیت افزایش خواهند یافت. با توجه به نمودار (۳) چنانچه مصرف کننده 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 کارایی بدون در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به آن است. به عبارت دیگر، بهبود کارایی بصورت برونزا است.

خط بودجه از $Z_0 - S_0$ به $Z_0 - S'_0$ نشان داده شده است. در اصطلاح، درآمد واقعی مصرف کننده افزایش یافته در حالیکه درآمد اسمی وی بدون تغییر مانده است. ترکیب بهینه مصرف در نقطه (S_2, Z_2) حاصل می شود که در آن خط بودجه جدید بر منحنی بی تفاوتی U_2 (که نشان دهنده بیشترین مقدار مطلوبیتی است که می توانست 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 مصرف کننده سطح بالاتری از مطلوبیت $(U_2 > U_1)$ را بدست آورده است.



نمودار ۳. تغییر مصرف بدنبال بهبود کارایی انرژی

منبع: سورل (۲۰۰۷)

درصد واقعی صرفه جویی انرژی بصورت رابطه (۲) محاسبه می شود:

$$Actual = \frac{E(s_1) - E^*(s_2)}{E(s_1)} \times 100\% \quad (2)$$

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

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

$$REB_d = \frac{Expected - Actual}{Expected} \times 100\% \quad (3)$$

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^۱، ۲۰۰۷).

$$REB_d = \frac{(E(s_1) - E^*(s_1)) - (E(s_1) - E^*(s_2))}{E(s_1) - E^*(s_1)} \times 100\% \quad (4)$$

$$REB_d = \frac{E^*(s_2) - E^*(s_1)}{E(s_1) - E^*(s_1)} \times 100\% \quad (5)$$

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^۲ است که متکی بر مقایسه مصرف انرژی قبل و بعد از بهبود کارایی بوده و به در دسترس بودن داده‌های دقیق و متغیرهای کنترل وابسته است. رویکرد دوم متکی به اقتصادسنجی^۳ 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 کارایی خدمت انرژی (حساسیت تقاضای خدمت انرژی به بهبود کارایی انرژی) می‌کنند اما چون در این حالت مشکل فقدان داده برای کارایی انرژی وجود دارد

1. Sorrell

2. Quasi-Experimental Approach

3. Econometric Approach

لذا از کشش قیمتی خدمت انرژی استفاده می شود 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)^۱ با در نظر گرفتن فروضی (فرض اول: واکنش مصرف کنندگان به بهبود کارایی انرژی و کاهش در قیمت انرژی مشابه است. فرض دوم: کارایی انرژی متأثر 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.

$$\eta_{\varepsilon}(E) = -\eta_{p_S}(S) - 1 \quad (۶)$$

در این رابطه، $\eta_{\varepsilon}(E)$ نشان دهنده کشش کارایی انرژی و $\eta_{p_S}(S)$ نشان دهنده کشش خدمت انرژی نسبت به قیمت خدمت انرژی $(p_S = \frac{P_E}{\varepsilon})$ است. با توجه به اینکه سورل و دیمیتروپولوس (۲۰۰۶)^۲ ثابت کردند $\eta_{p_S}(S) = \eta_{p_E}(E)$ ، بنابراین $\eta_{p_E}(E) * 100$ به عنوان اندازه اثر بازگشتی می باشد 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 القاء کننده بالا بودن اثر بازگشتی است. قابل ذکر است که عبارت ۱- در انتهای رابطه (۶) متناظر با پتانسیل صرفه جویی انرژی است.

یکی از مشکلات روش فوق الذکر 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 سرمایه گذاری در وسایل انرژی-کارا دارند که برگشت ناپذیر است اما اگر قیمت انرژی کاهش یابد، تکنولوژی ها قابل حذف شدن نیستند و صرفاً سهم برگشت پذیر کارایی انرژی می تواند توسط خانوارها تعدیل شده و افزایش یابد که شکل دهنده 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)^۱) 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^۲ (غیر مثبت و غیرصعودی)، $P_{rec,t}$ سری تجمعی از بازگشت قیمت گاز طبیعی^۳ (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.

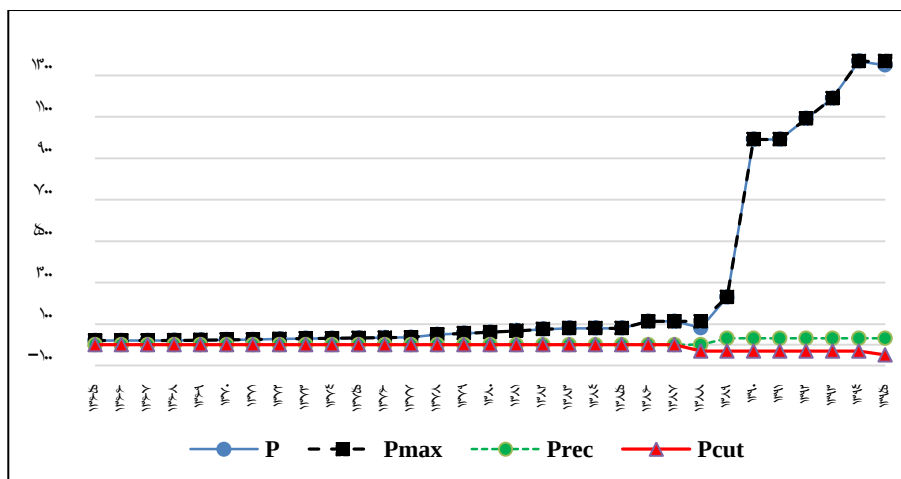
جدول ۱. تجزیه قیمت گاز طبیعی

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

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



نمودار ۴. روند اجرای تجزیه شده قیمت گاز طبیعی (ریال/مترمکعب)

منبع: یافته های تحقیق

۴. پیشینه تحقیق

مطالعات متعددی چه در داخل کشور و چه در خارج از کشور در زمینه محاسبه اثرات بازگشتی در مورد حامل های مختلف انرژی و در بخش های 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 روش شناسی، کشور مورد بررسی، نوع انرژی مورد بررسی و غیره متفاوت است.

جدول ۲: مروری بر پیشینه تحقیق

محقق	کشور	موضوع	روش	نتیجه
مطالعات خارجی				
هااس و بیرمایر ^۱ (۲۰۰۰)	اتریش	گرمایش محیط	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد
توماس و آزودو ^۲ (۲۰۱۳)	آمریکا	مصرف انرژی در بخش مسکونی	داده ستانده	اثر بازگشتی ۳۵ درصد
لین و لی ^۳ (۲۰۱۴)	چین	مصرف انرژی در صنایع سنگین	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی ۷۴ درصد
وانگ و همکاران ^۴ (۲۰۱۴)	چین	مصرف برق در خانوارهای شهری	پانل دیتا	اثر بازگشتی کوتاه مدت ۷۲ درصد اثر بازگشتی بلند مدت ۷۴ درصد
ژانگ و همکاران ^۵ (۲۰۱۶)	چین	مصرف برق خانگی	حد آستانه	اثر بازگشتی ۷۱/۵ درصد
وی و لیو ^۶ (۲۰۱۷)	سطح جهانی	انرژی	CGE	اثر بازگشتی ۷۰ درصد
فریر گونزالس ^۷ (۲۰۱۷)	اتحادیه اروپا	انرژی	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی ۷۳ درصد
بلاید و همکاران ^۸ (۲۰۱۸)	فرانسه	تقاضای گاز	اقتصادسنجی	اثر بازگشتی کوتاه مدت ۵۳ درصد اثر بازگشتی بلند مدت ۶۰ درصد
امجد و همکاران ^۹ (۲۰۱۸)	سوئد	برق و سایر سوخت ها	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
اسماعیل نیا 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
دل انگیزان و همکاران (۱۳۹۵)	ایران	مصرف سوخت در حمل و نقل 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 کوتاه مدت -۰/۳۰ درصد کشش بلند مدت -۰/۷۹ درصد

منبع: یافته های 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^۱ و تأثیرات آب‌وهوایی هستند که برای تأثیرات آب‌وهوایی از شاخص نیاز به گرمایش (HDD)^۲ 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.

$$HDD = \sum_{j=1}^{nd} \max(0, T_H - t_j) \quad , \quad T_H = 18^0 C \quad (6)$$

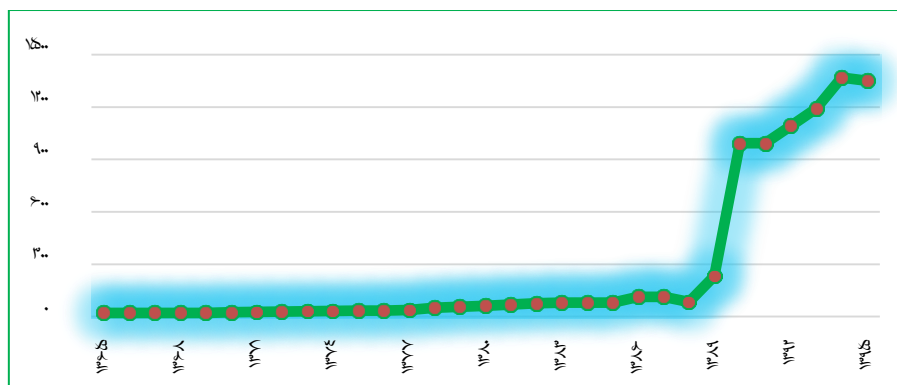
که در آن nd تعداد روزها، t_j میانگین دمای روز j ام^۳ به درجه سانتی‌گراد و T_H آستانه دمایی هستند. نیاز به گرمایش بر حسب تعریف، جمع تفاضل‌های میانگین‌های روزانه دما از آستانه معین است. دمای آستانه با توجه به شرایط، اعداد متفاوتی می‌تواند باشد. در مقاله حاضر با توجه به داده‌های در دسترس، آستانه نیاز به گرمایش برابر با ۱۸ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است (کارسدو و اوترو^۴، 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.

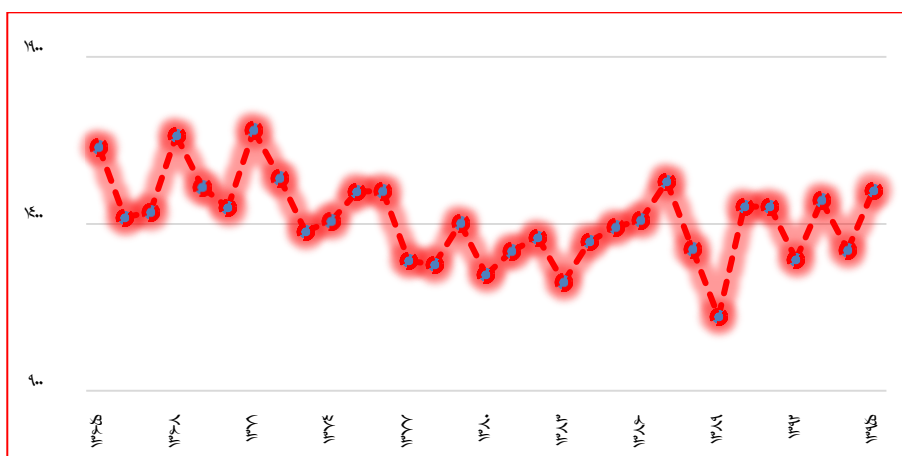
4. Carcedo and Otero, 2005



نمودار ۵. 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.



نمودار ۶. روند تغییرات نیاز به گرمایش (درجه سانتی گراد)

منبع: یافته‌های تحقیق

٦. 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 کوتاه مدت و بلندمدت بهره برد. در این تحقیق از روش کرانه‌ای ARDL استفاده می‌گردد. این روش توسط پسران و همکاران (۲۰۰۱)^۱ ارائه شده و مدل توسعه یافته ARDL است. این روش نسبت به سایر روش‌های قبلی برآورد هم‌انباشتگی مثل روش جوهانسون دارای مزایایی است. یکی از مزایای 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.

$$LGas_t = \beta_0 + \beta_1 LP_{GDP_t} + \beta_2 LP_{rec,t} + \beta_3 LP_{cut,t} + \beta_4 LP_{max,t} + \beta_5 Lpop_t + \beta_6 LHDD_t + u_t \quad (7)$$

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 ، LP_{GDP_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)

$\beta_1, \dots, \beta_6$ نیز به ترتیب نشان دهنده 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:

$$\begin{aligned} \Delta LGas_t = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{1i} \Delta LGas_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{2i} \Delta LPGDP_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{3i} \Delta LP_{rec,t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{4i} \Delta LP_{cut,t-i} \\ & + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{5i} \Delta LP_{max,t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{6i} \Delta Lpop_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{7i} \Delta LHDD_{t-i} + \beta_1 LGAS_{t-1} + \beta_2 LPGDP_{t-1} \\ & + \beta_3 LP_{rec,t-1} + \beta_4 LP_{cut,t-1} + \beta_5 LP_{max,t-1} + \beta_6 Lpop_{t-1} + \beta_7 LHDD_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (8)$$

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)^۱ 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)^۲ و کرانه بحرانی پایین (LCB)^۳ 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)^۱ بصورت رابطه (۹) برآورد می‌شود که برای بررسی روابط پویای بلندمدت و کوتاه‌مدت بین متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\begin{aligned} \Delta LGas_t = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{1i} \Delta LGas_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{2i} \Delta LP_{GDP_{t-i}} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{3i} \Delta LP_{rec,t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{4i} \Delta LP_{cut,t-i} \\ & + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{5i} \Delta LP_{max,t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{6i} \Delta Lpop_{t-i} + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_{7i} \Delta LHDD_{t-i} + \xi Z_{t-1} + v_t \end{aligned} \quad (9)$$

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^۲ و ADF^۳) 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 کرانه های ARDL برای بررسی وجود هم انباشتگی بین متغیرهای مدل توجیه پذیر است.

جدول ۳. 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	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(0)$	$I(0)$
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	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(1)$	$I(0)$	$I(0)$

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

۲-۷. آزمون هم انباشتگی

جدول (۴) نشان دهنده نتایج مربوط به آزمون هم انباشتگی بین متغیرها بوده و مبتنی بر روش کرانه ای ARDL معرفی شده توسط پسران است. این آزمون وجود رابطه بلندمدت مدل (۷) را بررسی می کند. ملاحظه می شود 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 هم انباشتگی رد شده و یک رابطه هم انباشتگی در مدل (۷) وجود دارد.

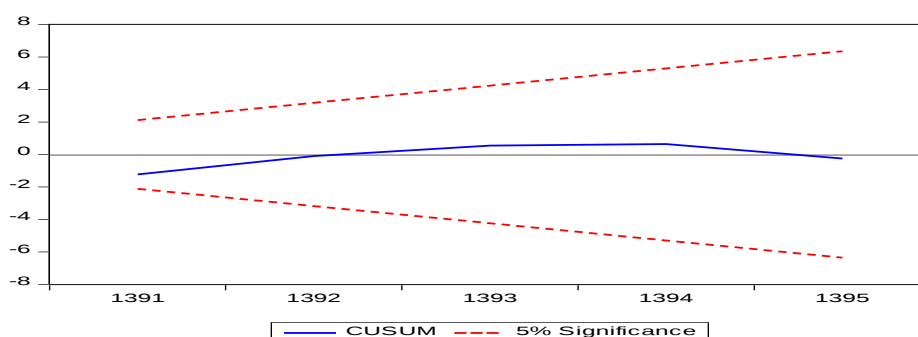
جدول ۴. آزمون کرانه های F

آماره آزمون	مقدار آماره	سطح معنی داری	$I(0)$	$I(1)$
آماره F	۱۳/۲۰	٪۱۰	۱/۹۹	۲/۹۴
تعداد متغیرهای مستقل	۶	٪۵	۲/۲۷	۳/۲۸
		٪۱	۲/۸۸	۳/۹۹

منبع: یافته های پژوهش

۳-۷. 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)^۱ و مجذور پسماند تجمعی (CUSUMQ)^۲ بهره گرفته شده و نتایج مربوط به این آزمون‌ها در قالب نمودارهای (۷) و (۸) آورده شده است.

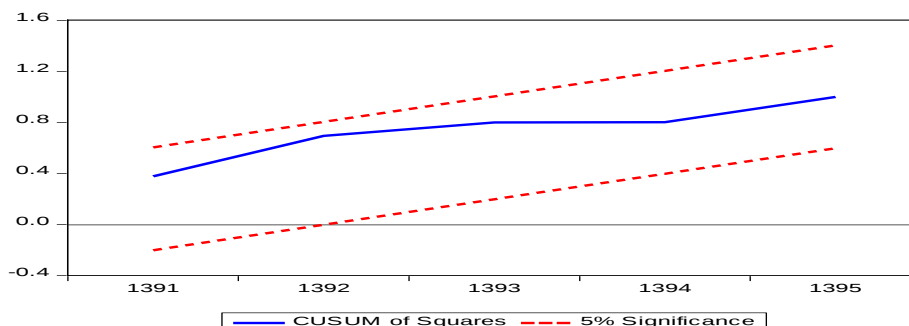


نمودار ۷. نتایج آزمون CUSUM

منبع: یافته‌های تحقیق

ملاحظه می‌گردد که نمودارهای CUSUM و CUSUMQ در محدوده کرانه‌های بحرانی در سطح احتمال ۵ درصد 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)



نمودار ۸. نتایج آزمون CUSUMQ

منبع: یافته های تحقیق

۴-۷. 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.

جدول ۵. 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}	^o -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: یافته های پژوهش *: معنی دار در ۹۰ درصد

ضرایب برآورد شده برای متغیرها ضمن اینکه به لحاظ آماری معنی دار 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 معنی دار بر مصرف گاز خانگی کشور در بلندمدت دارد. به عبارت دیگر، تقاضای گاز خانگی با افت قیمت گاز (LP_{cut}) افزایش می یابد یعنی اگر ۱ درصد کاهش در قیمت گاز طبیعی (LP_{cut}) رخ دهد آنگاه معادل ۰/۷۸ درصد تقاضای گاز خانگی در بلندمدت افزایش می یابد 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.

۵-۷. نتایج برآورد مدل در کوتاه مدت

جدول (۶) نشان دهنده تاثیر متغیرهای مستقل بر مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران در کوتاه مدت است.

جدول ۶: نتایج مدل تصحیح خطای ARDL در کوتاه مدت

متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	سطح احتمال
ΔLP_{GDP}	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
ΔLP_{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: یافته های پژوهش * معنی دار در ۹۰ درصد

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

ضریب مربوط به متغیر $ECT(-1)$ که نشان دهنده سرعت تعدیل است، برابر با $-۰/۹۴$ بوده و به لحاظ آماری معنی دار است. وجود این ضریب منفی و معنی دار موید وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای بکار گرفته شده است. ضریب $-۰/۹۴$ نشان می دهد که انحراف قیمت گاز طبیعی در کوتاه مدت، با نرخ سالیانه ۹۴ درصد در جهت نیل به تعادل بلندمدت اصلاح می شود.

یافته های تحقیق موید وجود اثر بازگشتی مستقیم ناشی از مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران است بطوریکه طبق ضریب برآورد شده در کوتاه مدت، ۶۹ درصد از صرفه جویی انتظاری گاز طبیعی ناشی از هرگونه بهبود در کارایی مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران بواسطه تعدیل های رفتاری خانوارها می تواند از بین برود. ضمناً وجود اثر معکوس در مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی ایران رد می شود زیرا برآورد اثر بازگشتی هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت کمتر از ۱۰۰ درصد است.

۸. نتیجه گیری 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 روش شناسی 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 کارایی 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 کارایی مصرف گاز طبیعی است.

وجود اثر بازگشتی نشان می‌دهد که اثرگذاری سیاست‌های بهبود کارایی 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 (پیش‌بینی شده 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 مأخذ

- 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 Velthuisen 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 Khosroshahi¹

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