

بررسی میزان اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت

علی اصغر اسماعیل نیا

استادیار دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز aeketabi@gmail.com

سارا اختیاری نیکجه*

کارشناس ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

ekhtiary_nikjoo@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۹

چکیده

اثرات بازگشتی، در اصطلاح به حالتی گفته می‌شود، که با یک تغییر در سیستم، به دلایل گوناگون، اثر آن تغییرات از بین رفته و دوباره وضعیت قبلی برقرار شود. با ورود تکنولوژی جدید به بازار و بهبود راندمان خودروها، در ابتدا تقاضای سوخت کاهش می‌یابد، اما همین بهبود راندمان و صرفه‌جویی انرژی، خود می‌تواند عکس‌العمل‌های اقتصادی‌ای ایجاد کند که منجر به این واقعیت شود، که بخشی از این صرفه‌جویی‌ها از بین برود، یعنی هر دارنده‌ی خودرو می‌تواند با بودجه‌ی قبلی، مسافت بیش‌تری را طی نماید. در این صورت آن مقدار از صرفه‌جویی که محو می‌شود را در اصطلاح اثر بازگشتی گویند.

در این مقاله، برای برآورد اثرات بازگشتی از کشش قیمتی تقاضای انرژی $(\eta_{PG}(G))$ استفاده و بدین منظور تابعی به فرم تابع لگاریتمی مضاعف تعریف شده است. با فرم تعریف شده و بررسی آن در سال‌های ۸۸-۱۳۵۵، مشخص می‌شود که اثرات بازگشتی بلندمدت بهبود راندمان خودروها در ایران حدود ۹٪ می‌باشد، یعنی ۹٪ از صرفه‌جویی بالقوه، دوباره مصرف شده و ۹۱٪ مابقی ذخیره شده است. این امر بر مؤفق بودن سیاست افزایش کارایی خودروها در جهت کاهش مصرف انرژی دلالت دارد.

طبقه بندی JEL: C22- C51- D12- R41

کلیدواژه: اثرات بازگشتی، بهبود راندمان خودروها، مصرف سوخت، پیمایش خودرو

۱- مقدمه

بخش حمل و نقل یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی می‌باشد که با ارائه‌ی خدمات متعددی از جمله حمل و نقل مواد اولیه و انرژی، انتقال کالای نیمه ساخته و نهایی به بازارهای مصرف و جابه‌جایی مسافران و بار، نقش مهمی در توسعه‌ی اقتصادی ایفا می‌کند.

روش‌های مختلف حمل و نقل در هر کشوری با توجه به شرایط جغرافیایی و برنامه‌ریزی اقتصادی به گونه متفاوتی، توسعه یافته است. اما بدون تردید، بخش حمل و نقل زمینی در همه‌ی کشورها روند رو به رشد سریعی داشته و سهم آن در انتقال بار و مسافر افزایش یافته است.

نکته‌ی مهم دیگری که در بخش حمل و نقل قابل اشاره است، مربوط به تقاضای انرژی در این بخش می‌باشد. تقاضای انرژی در این بخش، اصطلاحاً تقاضای مشتقه^۱ نامیده می‌شود. تقاضا برای انرژی در این بخش به دلیل تقاضا برای حمل و نقل می‌باشد. به علاوه، بخش بزرگی از تقاضای انرژی در این بخش را فراورده‌های نفتی برآورده می‌کند و از این‌رو این بخش وابستگی بسیار زیادی به نفت دارد (مزرعتی، ۱۳۸۸).

شوک نفتی در دهه‌ی ۱۹۷۰ و افزایش سریع قیمت نفت، تأثیرات گسترده‌ای بر اقتصاد کشورهای توسعه یافته و صنعتی داشته و سبب ظاهر شدن پدیده‌ی رکود تورمی در اقتصاد شده در پی این شوک، تلاش‌های گسترده‌ای برای دسترسی به تکنولوژی جدید و پیشرفته انجام گرفته است تا با استفاده از آن مصرف انرژی در بخش‌های تولیدی و مصرفی کاهش یابد. به عبارت بهتر توانایی مقابله با افزایش قیمت انرژی حاصل شود، بنابراین بهبود تکنولوژی، اقدام مهمی تلقی می‌شود که از طریق آن می‌توان مصرف انرژی را کاهش داد و همچنین با توجه به ارتباط مستقیمی که بین مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها وجود دارد، انتظار می‌رود با بهبود تکنولوژی، انتشار آلاینده‌ها از جمله دی‌اکسید کربن کاهش یابد.

افزایش کارایی انرژی، یکی از جنبه‌های بهبود تکنولوژی می‌باشد. همواره اعتقاد بر این بوده است که بهبود کارایی انرژی، تأثیر یک به یک بر کاهش مصرف دارد، اما مطالعات نشان می‌دهد که این اعتقاد درست نمی‌باشد، بلکه بهبود راندمان سبب

1- Derived Demand.

می‌شود که متوسط هزینه‌ی پرداختی برای سوخت به ازای پیمایش مشخص، کاهش یابد. این درجای خود ممکن است مصرف‌کنندگان را به مصرف بیش‌تر سوخت از طریق پیمایش بیش‌تر خودرو تشویق کند. به عبارت دیگر، می‌تواند منجر به افزایش میزان مصرف سوخت شود.

در سال‌های اخیر از افزایش کارایی انرژی به عنوان یک استراتژی بسیار مهم جهت کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده شده است. مطالعات زیادی در مورد کشورهای مختلف انجام پذیرفته و مدل‌سازی‌ها نشان داده است که اثرات بازگشتی در برخی موارد تا ۲۰ درصد می‌باشد.

این مطالعه می‌تواند برای سیاست‌گذاری در ایران نیز مفید باشد. اکنون که استانداردهای مصرف سوخت برای خودروها اجباری شده است، یک مدل مناسب می‌تواند برآورد کند که مطابق رفتار مصرف‌کنندگان ایرانی، آیا بهبود راندمان می‌تواند مصرف سوخت را کاهش دهد و یا این‌که اثرات درآمدی آن سبب خواهد شد بخش عمده‌ای از این بهبود راندمان جبران شود.

پس از مقدمه‌ای که بیان شد، در بخش دوم، اثرات بازگشتی تعریف و انواع آن در بخش سوم بیان می‌شود. بخش چهارم، مروری بر مطالعات انجام شده دارد. در بخش پنجم مبانی نظری مدل و همچنین اثرات بازگشتی با استفاده از نمودار توضیح داده می‌شود. در بخش ششم، مدل تحقیق و آزمون‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و در پایان بخش‌های هفتم و هشتم به تحلیل نتایج مدل، نتیجه‌گیری و ارائه‌ی پیشنهادات پرداخته می‌شود.

۲- اثر بازگشتی^۱

اثر بازگشتی، معمولاً در رابطه با برخی اشکال مصرف انرژی، هم‌چون استفاده از سوخت یا برق تعریف شده و ناشی از عکس‌العمل و رفتاری است که نسبت به بهبود کارایی انرژی انجام می‌گیرد. این اثر هنگامی اتفاق می‌افتد که بهبود تکنولوژی، منجر به افزایش کارایی انرژی برخی تجهیزات شود، این افزایش کارایی یک اثر جانبی دارد و آن ارزان‌تر کردن آن خدمت است، یعنی قیمت واقعی خدمات انرژی کاهش می‌یابد و همان خدمت حاصل از مصرف انرژی را اکنون می‌توان با صرف پول کم‌تری به‌دست آورد. با

1- Rebound Effects.

فرض نزولی بودن منحنی تقاضا برای خدمت (با توجه به رابطه‌ی معکوس بین تقاضا و قیمت)، مقدار تقاضای خدمت افزایش می‌یابد و بخشی از انرژی که انتظار می‌رفت ذخیره شود، به مصرف می‌رسد. بنابراین، ذخیره‌ی انرژی پیش‌بینی شده‌ی^۱ ناشی از بهبود تکنولوژی (توانایی بالقوه‌ی ذخیره‌ی انرژی که توسط مهندس فنی پیش‌بینی می‌شود)، از طریق افزایش تقاضای خدمات انرژی، تا حدودی کاهش می‌یابد (گرینینگ و گرین^۲، ۲۰۰۰).

به‌طور کلی، فرض بر این است که بهبود کارایی انرژی، منجر به کاهش مصرف انرژی می‌گردد. یعنی مصرف انرژی پایین‌تر از مقداری خواهد شد که بهبود کارایی انجام نگرفته است. اثرات بازگشتی را می‌توان به عنوان درصدی از ذخیره‌ی بالقوه‌ی انرژی^۳ ناشی از بهبود کارایی انرژی تعریف کرد، که این مقدار از ذخیره به دلیل اثرات قیمتی و درآمدی کاهش قیمت خدمات انرژی به چرخه‌ی مصرف برمی‌گردد. اندازه‌ی اثرات بازگشتی به صورت زیر می‌باشد:

$$R = 1 - \frac{AES}{PES}$$

به طوری که AES^۴، مقدار ذخایر واقعی انرژی و PES^۵، مقدار ذخایر بالقوه‌ی انرژی را نشان می‌دهد.

معمولا اندازه‌ی اثرات بازگشتی به صورت درصد بیان می‌گردد. بر طبق رابطه‌ی بالا چهار احتمال در مورد اندازه‌ی اثرات بازگشتی وجود دارد:

اگر $R = 0$ باشد، آن‌گاه $AES = PES$ می‌باشد. در این صورت تمامی ذخایر بالقوه‌ی انرژی حفظ می‌شود.

اگر $R < 0$ آن‌گاه $AES > PES$ می‌باشد. در این حالت اندازه‌ی اثرات بازگشتی، منفی است که به مفهوم وجود تأثیر مثبت و فزاینده‌ی سیاست‌های بهبود کارایی انرژی می‌باشد، مقدار ذخایر واقعی انرژی، مثبت و بیش‌تر از مقدار ذخایر بالقوه‌ی انرژی است

- 1- Potential Saving.
- 2- Greening and Green.
- 3- Energy-Saving Potential.
- 4- Actual Energy Savings.
- 5- Potential Energy Savings.

به مقدار مصرف انرژی کاهش یافته به علت افزایش کارایی انرژی، بدون در نظر گرفتن اثرات قیمتی و درآمدی، ذخیره‌ی بالقوه‌ی انرژی (کاهش بالقوه مصرف انرژی) گفته می‌شود.

و این در صورتی اتفاق می‌افتد که نتیجه‌ی به‌دست آمده از افزایش کارایی فراتر از آن چیزی باشد که انتظار می‌رود. مثلاً انتظار بر این است که با افزایش کارایی، انتشار آلاینده‌ها ۲۰ درصد کاهش یابد، ولی در عمل، انتشار ۲۲ درصد کاهش می‌یابد. در دنیای واقعی، این حالت به ندرت اتفاق می‌افتد یا ممکن است اتفاق نیافتد.

اگر $R_1 < 0$ باشد آن‌گاه $AES < PES$ است. اندازه‌ی اثرات بازگشتی، مثبت و مقدار ذخایر واقعی انرژی، کم‌تر از مقدار ذخایر بالقوه‌ی انرژی می‌باشد. در این حالت که گفته می‌شود اندازه‌ی اثر بازگشتی بین ۰ تا ۱۰۰ درصد است، بخشی از هدف مورد انتظار، محقق شده است. به طور مثال، اثر بازگشتی ۴۰ درصد به این معناست که ۴۰ درصد از ذخایر بالقوه‌ی انرژی، دوباره مصرف شده است و تنها ۶۰ درصد انرژی که انتظار می‌رفت با بهبود کارایی ذخیره شود، ذخیره شده است. احتمال این که این مورد در دنیای واقعی رخ دهد زیاد است.

اگر $R_1 > 0$ آن‌گاه $AES > PES$ است. این امر دلالت بر این دارد که ذخایر واقعی انرژی منفی می‌باشد. در این حالت تمام ذخایر بالقوه‌ی انرژی از دست می‌رود. اثر بازگشتی بالاتر از ۱۰۰ درصد است و افزایش کارایی نه تنها سبب کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها نمی‌شود، بلکه آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد. در این حالت سیاست افزایش کارایی نتیجه‌ی عکس می‌دهد و سبب دور شدن از هدف می‌شود. در این حالت از اثر بازگشتی عموماً به اثر معکوس یاد می‌شود (هرناندز و پیفار^۱، ۲۰۰۹).

بنابراین می‌توان گفت، اثرات بازگشتی تفاوت بین مقدار واقعی تقاضای انرژی، پس از تغییر فنی جهت بهبود کارایی انرژی و مقدار فرضی‌ای است که در صورت عدم تغییر تکنولوژی، مورد تقاضا قرار می‌گرفت، اگر مقدار خدمت درخواستی (میزان پیمایش) ثابت می‌بود.

۳- دسته بندی اثرات بازگشتی

به طور کلی اثرات بازگشتی به سه دسته تقسیم می‌شوند: اثرات بازگشتی مستقیم^۲، اثرات بازگشتی غیرمستقیم^۳، اثرات بازگشتی کل اقتصاد^۴. در زیر، انواع اثرات بازگشتی توضیح داده خواهد شد.

- 1- Hernandez and Pifarre.
- 2- Direct Rebound Effect.
- 3- Indirect Rebound Effect.
- 4- The Economy-Wide Rebound Effect.

اثرات بازگشتی مستقیم

اثر بازگشتی مستقیم، اثری است که به خدمات انرژی خاص از قبیل گرمایش، سرمایش، روشنایی و حمل و نقل وسایل نقلیه‌ی شخصی و ... مربوط می‌باشد و به انرژی‌ای که برای فراهم کردن آن خدمات مورد نیاز است، محدود می‌شود. این اثر از بهبود کارایی انرژی به صورت مستقیم، حاصل می‌شود.

هنگامی که کارایی انرژی بهبود یابد، قیمت خدمات انرژی کاهش خواهد یافت و در نتیجه تقاضا برای خدمات انرژی افزایش می‌یابد. این مسئله موجب به وجود آمدن اثر جاننشینی درآمد-گرامت^۱ در حمایت از کالایی می‌شود که افت قیمت داشته است. این اثر جاننشینی به دلیل اثر درآمدی ناشی از عملی که منجر به کاهش قیمت و در نتیجه افزایش درآمد حقیقی مصرف کننده شده می‌باشد. بنابراین، افزایش تقاضا سبب از بین رفتن مقداری از ذخیره بالقوه‌ی انرژی خواهد شد، در نتیجه می‌توان گفت افزایش کارایی انرژی به طور مستقیم و از طریق افزایش مصرف انرژی، منجر به از بین رفتن مقداری از ذخیره‌ی بالقوه‌ی انرژی خواهد شد که این همان اثر بازگشتی مستقیم می‌باشد.

اثرات بازگشتی غیرمستقیم

اثرات بازگشتی غیرمستقیم، به نوع دیگری از تقاضای انرژی مربوط است که برای تهیه‌ی دیگر کالاها و خدماتی که بهبود کارایی در آنها انجام نگرفته، مورد نیاز می‌باشد. در این مورد، 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 مصرف کننده بالا می‌رود. در نتیجه تقاضا برای دیگر کالاها و خدمات افزایش یافته و از آنجایی که در فرآیند تولید سایر کالاها و خدمات، از انرژی به عنوان نهاده‌ی تولیدی استفاده می‌شود، کل مصرف انرژی در حوزه‌هایی که به طور مستقیم تحت تأثیر کارایی انرژی نیستند، افزایش خواهد یافت و بنابراین، از این طریق نیز مقداری از انرژی ذخیره شده، دوباره به چرخه‌ی مصرف برمی‌گردد. این امر به نوبه‌ی خود مصرف انرژی را بالا می‌برد و سبب می‌شود بخشی از

1- Income – Compensated Substitution Effect.

ذخیره‌ی انرژی مصرف شود. این افزایش مصرف انرژی ناشی از افزایش درآمد واقعی بیانگر اثر غیر مستقیم می‌باشد.

اثرات بازگشتی کل اقتصاد

نشانگر مجموع اثرات بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم است. در این نوع از اثرات بازگشتی، تغییرات در قیمت‌های تولیدات بنگاه‌ها^۱ و تغییرات در تقاضا برای عوامل به کار رفته در تولید^۲ که به وسیله‌ی اثرات درآمدی و جانشینی^۳ ایجاد می‌شود، در سرتاسر اقتصاد پراکنده خواهد شد. در حقیقت، اثر بازگشتی کل، شبیه اثر کل تغییرات قیمت یک کالا می‌باشد و از حاصل جمع اثر جانشینی و اثر درآمدی تغییر قیمت یک کالا به دست می‌آید. با افزایش کارایی انرژی، قیمت خدمات انرژی کاهش می‌یابد و همان‌طور که در بالا بحث شد، این کاهش قیمت منجر به ایجاد اثرات بازگشتی مستقیم و غیر مستقیم خواهد شد. از آنجایی که اثرات بازگشتی مستقیم در ارتباط با افزایش مصرف انرژی از سوی کاهش قیمت خدمات انرژی است، می‌توان گفت ارتباط نزدیکی با اثر جانشینی دارد. از طرف دیگر، اثرات بازگشتی غیرمستقیم، مرتبط با مصرف انرژی از طریق مصرف سایر کالاهاست که از طریق افزایش قدرت خرید مصرف‌کننده، ایجاد شده است. در نتیجه می‌توان گفت اثرات بازگشتی غیرمستقیم ارتباط نزدیکی با اثر درآمدی دارد و در نهایت اثرات بازگشتی کل اقتصاد، شبیه اثر کل کاهش قیمت خدمات انرژی می‌باشد.

۴- مروری بر مطالعات انجام شده

اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی نخستین بار در سال ۱۹۸۰، توسط دانیل خازوم شناخته شده است. وی ادعا کرده است که بهبود تکنولوژی و افزایش کارایی انرژی، منجر به کاهش هزینه و در نتیجه افزایش مصرف کالا و خدمتی می‌شود که از آن انرژی استفاده می‌کند (خازوم، ۱۹۸۰). سپس این ایده به طور گسترده توسط سایر محققان انرژی مورد بررسی قرار گرفته است.

-
- 1- Firms Outputs.
 - 2- Inputs.
 - 3- Income and Substitution Effects.
 - 4- Khazoom.

برخی معتقد بوده‌اند که بزرگی اثرات بازگشتی به قدری ناچیز است که می‌توان با اطمینان از آن صرف‌نظر کرد. برخی دیگر عقیده داشته‌اند که بهبود تکنولوژی نه تنها نمی‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی شود بلکه آن را افزایش می‌دهد. (بروکز^۱، ۱۹۹۰).

ویتون^۲ (۱۹۸۲)، از داده‌های مقطعی ۲۵ کشور OECD^۳ برای سال ۱۹۷۲ (پیش از اولین بحران نفتی) استفاده و سه معادله را با به‌کارگیری OLS برآورد کرده است. فرم تبعی به‌کار گرفته شده در معادلات، لگاریتمی مضاعف می‌باشد. در برآورد وی کشش مسافت پیموده شده نسبت به کارایی سوخت $(\eta_g(K))$ ، برابر با ۰.۰۶- است، یعنی میزان اثرات بازگشتی ۰.۰۶٪ می‌باشد. پس از آن، بلیر و دیگران^۴ (۱۹۸۴ b)، از داده‌های سری زمانی ماهانه‌ی فلوریدا در طول دوره‌ی ۷۶-۱۹۴۸ استفاده کرده‌اند. به دلیل شوک نفتی ۱۹۷۳، همانند بسیاری از مطالعاتی که در دهه‌ی ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ انجام گرفته، داده‌های واقعی موجود در این تحقیق، از جمله داده‌های موجود در زمینه‌ی قیمت‌های حقیقی سوخت، با نوساناتی رو به رو بوده است. آن‌ها به دلیل کمبود داده مؤفق به برآورد میزان اثرات بازگشتی نشده‌اند، اما فقط برای سال ۱۹۷۰، میزان اثرات بازگشتی را ۰.۴۰٪- تخمین زده‌اند.

مایو و ماتیس^۵ (۱۹۸۸)، از داده‌های ۸۴-۱۹۵۸ آمریکا استفاده کرده و با استفاده از ساختار مدل پویا^۶ آمیخته با یک دوره‌ی وقفه از متغیر وابسته، به برآورد کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت قادر شده‌اند. آن‌ها اثرات بازگشتی مستقیم کوتاه‌مدت را ۰.۲۲٪ و اثرات بلندمدت را ۰.۲۶٪ تخمین زده‌اند. گیتلی^۷ (۱۹۹۰)، از داده‌های آمریکا در طول سال‌های ۸۸-۱۹۶۶ به منظور تخمین یک معادله برای مسافت پیموده شده توسط خودروها و کامیون‌های سبک استفاده کرده و فرم تبعی لگاریتمی مضاعف یک معادله‌ی ایستا و روش تخمین OLS^۸ را به‌کار گرفته است. کشش برآورد شده توسط گیتلی

1- Brookes.

2 - Wheaton.

3- Organisation for Economic Co-operation and Development.

4- Blair et al.

5- Mayo and Mathis.

6- Dynamic Specification.

7- Gately.

8- Ordinary Least Squares.

بسیار کوچک بوده است. او کشش کوتاه مدت و بلندمدت را $0/09$ - برآورد کرده است. (یعنی اثر بازگشتی $0/9$)

گرین^۱ (۱۹۹۲)، از داده‌های خودروها و کامیون‌های سبک امریکا در دوره‌ی ۸۹-۱۹۶۶ استفاده کرده است. فرم تبعی به‌کار گرفته شده توسط گرین، خطی و لگاریتمی-خطی^۲ و روش تخمین مطالعه‌ی وی OLS است. نتایج این مطالعه بیانگر مقدار اثرات بازگشتی کوچک، حدود ۵ تا $15/0$ می‌باشد.

اورسک و ورل^۳ (۱۹۹۷)، از روش پانل دیتای انبوهشی^۴ در فرانسه، ایتالیا و انگلستان انگلستان برای سال‌های ۹۳-۱۹۷۱ استفاده کرده‌اند. برآورد آن‌ها برای اثرات بازگشتی کوتاه‌مدت، $10/0$ برای انگلستان و تقریباً $20/0$ برای فرانسه و ایتالیا بوده است، درحالی‌که اثرات بازگشتی مستقیم بلندمدت، $27/0$ برای انگلستان و تقریباً $30/0$ برای فرانسه و ایتالیا می‌باشد. یوهانسن و شیپر^۵ (۱۹۹۷) نیز از روش پانل دیتا^۶ برای تعیین میزان تقاضای سوخت اتومبیل در ۱۲ کشور OECD استفاده کرده‌اند. بر اساس مطالعه‌ی آن‌ها، اثرات بازگشتی مستقیم بلندمدت، برای کل مسافت پیموده شده توسط ناوگان خودرو $30/0$ برآورد شده است. در مقابل اگر اثرات بازگشتی بر اساس مسافت پیموده‌ی هر خودرو اندازه‌گیری شود، تخمین $20/0$ خواهد بود.

اسمال و دندر^۷ (۲۰۰۵)، از روش پانل دیتا^۸ بر مبنای داده‌های ۳۶ سال (۲۰۰۱-۱۹۶۶) ۵۰ ایالت امریکا به علاوه شهر واشنگتن استفاده کرده‌اند. آن‌ها نیز از فرم تبعی لگاریتمی مضاعف و روش تخمین 3SLS^۹ استفاده کرده‌اند. تخمین اسمال و دندر برای اثرات بازگشتی کوتاه‌مدت امریکا، $4.5/0$ و برای بلندمدت $22/0$ به دست آمده است. هم‌چنین با احتساب ارزش درآمد سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷ در کالیفرنیا، اثرات بازگشتی به طور قابل توجهی کوچک‌تر بوده است، یعنی $2.2/0$ در کوتاه‌مدت و $11.3/0$ در بلندمدت.

1- Greene.

2- Linear and Log-Linear.

3 - Orasch and Wirl.

4 - Aggregate Panel Data.

5- Johansson and Schipper.

6- Cross-Country Panel Data.

7- Small and Dender.

8- Aggregate Cross-Sectional Time Series Data.

9- Three-Stage Least Squares.

وست^۱ (۲۰۰۴)، از نمونه‌گیری آماری مخارج مصرف‌کننده‌ی امریکایی استفاده کرده است. این مقاله به بررسی اثرهای توزیعی سیاست‌های کنترل آلودگی خودرو می‌پردازد. این مطالعه از داده‌های مقطعی^۲ تنها یک سال (سال ۱۹۹۷) استفاده می‌کند که به‌وسیله‌ی اطلاعات کارایی سوخت خودرو تکمیل شده است. اثر بازگشتی مستقیم پیشنهاد شده توسط این مقاله ۴۰٪ می‌باشد.

فراندل و دیگران^۳ (۲۰۰۷)، یک مثال کمیاب از مطالعه‌ی اروپایی با استفاده از داده‌های نمونه‌ی آمارگیری خانوار را فراهم کرده‌اند. منبع داده‌ی آن‌ها^۴، متشکل از یک گروه از خانوارهای تحت بررسی برای یک دوره‌ی ۶ هفته‌ای در بهار، در سه سال پی‌درپی می‌باشد. اثر بازگشتی مستقیم بین ۵۶٪ و ۶۶٪ تخمین زده شده، که به‌طور چشم‌گیری بیش‌تر از ارزش نتایج بیش‌تر قریب به اتفاق مطالعات امریکاست.

۵- مبانی نظری مدل

اثر بازگشتی ارتباط بسیار نزدیکی با کشش‌های قیمتی دارد. به‌طور کلی اثر بازگشتی مستقیم، به‌وسیله‌ی کشش تقاضا برای انرژی یا کار مفید، در رابطه با تغییرات کارایی انرژی تخمین زده می‌شود. با این حال، به دلیل محدودیت داده‌ها یا به دلیل نوسان محدود^۵ در متغیر مستقل (کارایی انرژی) که منجر به واریانس بالای پارامترهای تخمین می‌شود، تعداد نسبتاً کمی از مطالعات انجام شده، این روش را دنبال کرده‌اند. در عوض، تعداد نسبتاً زیادی از مطالعات، کشش قیمتی تقاضا برای کار مفید را تخمین زده‌اند. با توجه به این که قیمت کار مفید به قیمت‌های انرژی و کارایی انرژی وابسته است، درجه‌ی نوسان در متغیر مستقل، بزرگ‌تر است، با بیش‌ترین نوسانات که به‌طور نمونه از نوسانات واقعی یا مقطعی در قیمت‌های انرژی مشتق شده‌اند، اما درستی این روش منوط به این فرض است که مصرف‌کنندگان به کاهش قیمت‌های انرژی واکنش یکسانی نشان دهند، همان‌گونه که به بهبود کارایی انرژی عکس‌العمل یکسانی نشان می‌دهند. از سوی دیگر امکان تخمین اثر بازگشتی مستقیم، از روش کشش قیمتی

1- West.

2- Coss-Sectional Data.

3- Frondel et al.

4- German Mobility Panel.

5- Limited Variation.

خودی تقاضا برای انرژی، که به موجب آن، جمع‌آوری داده‌های تقاضا برای کار مفید مورد نیاز نمی‌باشد، وجود دارد. در این قسمت به بیان اثرات بازگشتی مستقیم از طریق کشش‌های نام برده شده پرداخته می‌شود:

اثرات بازگشتی مستقیم به عنوان یک کشش قیمتی تقاضا برای کارایی انرژی

کارایی سوخت یک وسیله‌ی نقلیه‌ی موتوری را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$\varepsilon = \frac{K}{G}$$

به طوری که G بیانگر مصرف بنزین لازم برای کیلومترهای پیموده شده توسط خودرو (K) می‌باشد. به عنوان مثال، یک اتومبیل ممکن است ۱۰ لیتر بنزین برای ۱۰۰ کیلومتر راندن لازم داشته باشد، بنابراین تقاضای مصرف سوخت، به عنوان تقاضا برای رانندگی در نظر گرفته می‌شود، که از طریق کیلومترهای پیموده شده توسط خودرو افزایش می‌یابد.

از سوی دیگر، هزینه‌ی انرژی کار مفید توسط فرمول زیر ارائه می‌شود:

$$P_K = \frac{P_G}{\varepsilon}$$

به عبارت دیگر، هزینه‌ی واقعی هر کیلومتر راندن (P_K) به صورت قیمت هر لیتر سوخت (P_G) تقسیم بر کارایی (ε) تعریف می‌شود.

فرض کنید که کارایی سوخت خودرو، بهبود یافته باشد ($\Delta\varepsilon > 0$)، اما مصرف بدون تغییر باقی بماند. در غیاب اثرات بازگشتی مستقیم، تقاضا برای پیمایش اتومبیل، بدون تغییر باقی می‌ماند ($\Delta K = 0$) و تقاضای سوخت، متناسب با بهبود کارایی سوخت، کاهش می‌یابد ($\frac{\Delta G}{G} = -\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}$). اما بهبود کارایی سوخت منجر به کاهش هزینه‌ی هر

کیلومتر راندن می‌شود ($\Delta P_K < 0$) و بنابراین هزینه‌ی کل نیز کاهش می‌یابد. با فرض این که خدمت انرژی، به طور طبیعی یک کشش قیمتی دارد، مصرف‌کنندگان مسافت بیش‌تری را خواهند راند ($\Delta K > 0$) و تغییر نسبی در مصرف انرژی، کم‌تر از تغییر نسبی

$$\text{کارایی انرژی خواهد بود } \left(\frac{\Delta G}{G} < -\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} \right).$$

تغییر در تقاضای راندن اتومبیل، در پی یک تغییر کوچک در کارایی انرژی، می‌تواند توسط کشش کارایی انرژی تقاضا برای پیمایش مسیر (کشش تقاضا برای پیمایش مسیر نسبت به کارایی انرژی) $\eta_\varepsilon(K)$ اندازه گرفته شود:

$$\eta_\varepsilon(K) = \frac{\partial K}{\partial \varepsilon} \cdot \frac{\varepsilon}{K} \quad (۱)$$

به طور مشابه، تغییر در تقاضای سوخت (بنزین)، در پی یک تغییر کوچک در کارایی سوخت، می‌تواند به وسیله‌ی کشش کارایی انرژی تقاضا برای سوخت $(\eta_\varepsilon(G))$ اندازه‌گیری شود:

$$\eta_\varepsilon(G) = \frac{\partial G}{\partial \varepsilon} \cdot \frac{\varepsilon}{G} \quad (۲)$$

با جای‌گذاری $G = \frac{K}{\varepsilon}$ در معادله‌ی (۲) برای $\eta_\varepsilon(G)$ و با مشتق‌گیری جزئی خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \eta_\varepsilon(G) &= \frac{\partial G}{\partial \varepsilon} \cdot \frac{\varepsilon}{G} = \frac{\partial \left(\frac{K}{\varepsilon} \right)}{\partial \varepsilon} \cdot \frac{\varepsilon}{\frac{K}{\varepsilon}} = \left(-\frac{K}{\varepsilon^2} + \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{\partial K}{\partial \varepsilon} \right) \cdot \left(\frac{\varepsilon^2}{K} \right) \\ &= \frac{\partial K}{\partial \varepsilon} \cdot \frac{\varepsilon}{K} - 1 = \eta_\varepsilon(K) - 1 \Rightarrow \eta_\varepsilon(G) = \eta_\varepsilon(K) - 1 \end{aligned}$$

بنابراین می‌توان رابطه‌ی زیر را بین این دو کشش ایجاد کرد:

$$\eta_\varepsilon(G) = \eta_\varepsilon(K) - 1 \quad \text{تعریف ۱}$$

کشش کارایی انرژی تقاضا برای پیمایش مسیر، $\eta_\varepsilon(K)$ ، عموماً به عنوان اندازه‌ی اثرات بازگشتی مستقیم، در نظر گرفته می‌شود (برخاوت و دیگران^۱، ۲۰۰۰).

صرفه‌جویی بالقوه در مصرف سوخت، مساوی با صرفه‌جویی پیش‌بینی شده از محاسبات مهندسی، هنگامی که این کشش برابر با صفر است $(\eta_\varepsilon(K) = 0)$ خواهد بود. تحت این شرایط، کشش کارایی انرژی تقاضا برای سوخت، $\eta_\varepsilon(G)$ ، مساوی با منفی یک می‌باشد.

یک اثر بازگشتی مستقیم مثبت، دلالت دارد بر این که $\eta_\varepsilon(K) > 0$ و $|\eta_\varepsilon(G)| < 1$ باشد. به بیان دیگر یک اثر بازگشتی مثبت برای پیمایش اتومبیل، دلالت دارد بر این که بهبود کارایی سوخت خودرو، منجر به افزایش کیلومترهای رانده شده‌ی

خودرو خواهد شد. با این نتیجه که صرفه‌جویی‌های مصرف سوخت، کم‌تر از مقدار پیش‌بینی شده توسط محاسبات مهندسی خواهد بود.

اگر تقاضا برای پیمایش (مسافت)، کم‌کشش^۱ باشد، $\langle \eta_\varepsilon(K) \rangle < 0$ ، بهبود کارایی سوخت، منجر به کاهش تقاضای سوخت خواهد شد $\langle \eta_\varepsilon(G) \rangle < 0$ ، اما اگر تقاضا برای پیمایش، با کشش^۲ باشد، $\langle \eta_\varepsilon(K) \rangle > 0$ ، بهبود کارایی سوخت منجر به افزایش مصرف سوخت خواهد شد (ساندرز^۳، ۱۹۹۲).

این احتمال وجود دارد که مطلوبیت نهایی مصرف انرژی، توسط افزایش مصرف کاهش یابد، که این امر موجب کاهش اثرات بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی انرژی، خواهد شد.

۵-۲- اثرات بازگشتی مستقیم به عنوان کشش قیمتی تقاضا برای کار مفید

در بیش‌تر تخمین‌های تجربی، اثرات بازگشتی مستقیم مربوط به مسافت توسط خودروهای خصوصی^۴، کار مفید عموماً به وسیله‌ی کیلومترهای پیموده شده توسط خودرو اندازه گرفته می‌شود^۵. نظر به این‌که هزینه‌ی واقعی هر کیلومتر راندن (P_K) ، به صورت قیمت هر لیتر سوخت (P_G) ، تقسیم بر کارایی سوخت، ε ، تعریف می‌شود. $P_K = \frac{P_G}{\varepsilon}$ ، می‌توان تقاضا برای پیمایش مسیر را به عنوان یک تابع از قیمت‌های سوخت

$$K = K\left(\frac{P_G}{\varepsilon}\right) \text{ و کارایی سوخت در نظر گرفت:}$$

بنابراین تقاضا برای سوخت می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$G = \frac{K(P_K)}{\varepsilon} = \frac{K\left(\frac{P_G}{\varepsilon}\right)}{\varepsilon} \quad (۳)$$

با فرض این‌که قیمت‌های سوخت، برون‌زا هستند (یعنی P_G وابسته به ε نمی‌باشد)، می‌توان از این رابطه به منظور ارائه‌ی یک تعریف ثانوی از اثرات بازگشتی در رابطه با کارایی سوخت، استفاده کرد:

$$\eta_\varepsilon(G) = -\eta_{P_K}(K) - 1 \quad \text{تعریف ۲}$$

1- Inelastic.

2- Elastic.

3- Saunders.

4- Private Car.

5- Greene, Kahn, Gibson, 1999b; Small & Dender, 2005.

برای اثبات این رابطه، دو روش وجود دارد که در زیر به بیان هر دو روش پرداخته می‌شود:

روش اول:

با فرض $G = \frac{K(P_K)}{\varepsilon}$ و $P_K = \frac{P_G}{\varepsilon}$ و با فرض این که P_G برون‌زا است، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}\eta_\varepsilon(G) &= \frac{\partial G}{\partial \varepsilon} \cdot \frac{\varepsilon}{G} = \frac{\varepsilon}{G} \left[-\frac{K}{\varepsilon^2} + \frac{\partial K}{\partial P_K} \right] = -\frac{K}{\varepsilon \cdot G} - \frac{P_G}{\varepsilon^2 \cdot G} \cdot \frac{\partial K}{\partial P_K} \\ &= -1 - \frac{P_K}{K} \cdot \frac{\partial K}{\partial P_K} \Rightarrow \eta_\varepsilon(G) = -\eta_{P_K}(K) - 1\end{aligned}$$

روش دوم - داریم:

$$\eta_\varepsilon(G) = \eta_\varepsilon(K) - 1$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \eta_\varepsilon(G) &= \left(\frac{\partial K}{\partial P_K} \right) \cdot \left(\frac{\partial P_K}{\partial \varepsilon} \right) \cdot \left(\frac{\varepsilon}{K} \right) - 1 = \left(\frac{\partial K}{\partial P_K} \right) \cdot \left(\frac{\partial \left(\frac{P_G}{\varepsilon} \right)}{\partial \varepsilon} \right) \cdot \left(\frac{\varepsilon}{K} \right) - 1 \\ &= \left(\frac{\partial K}{\partial P_K} \right) \cdot \left(-\frac{P_G}{\varepsilon^2} \right) \cdot \left(\frac{\varepsilon}{K} \right) - 1 = -\left(\frac{\partial K}{\partial P_K} \right) \cdot \left(\frac{P_G}{\varepsilon} \right) \cdot \left(\frac{\varepsilon}{K} \right) = \\ &= -\left(\frac{\partial K}{\partial P_K} \right) \cdot \left(\frac{P_K}{K} \right) - 1 = -\eta_{P_K}(K) - 1 \quad \eta_\varepsilon(G) \\ &= -\eta_{P_K}(K) - 1 = -\eta_{P_K}(K) - 1 \quad \eta_\varepsilon(G) = -\eta_{P_K}(K) - 1\end{aligned}$$

بنابراین تحت این فروض، کشش تقاضای سوخت نسبت به کارایی سوخت، $\eta_\varepsilon(G)$ ، مساوی است با منفی کشش کیلومترهای طی شده نسبت به هزینه‌ی هر کیلومتر سوخت $\eta_{P_K}(K)$ ، منهای یک.

در عمل، منفی کشش کیلومترهای پیموده شده نسبت به هزینه‌ی هر کیلومتر سوخت، $\eta_{P_K}(K)$ ، به عنوان یک نماینده^۱ برای کشش تقاضای مسافت پیموده شده

نسبت به کارایی سوخت، $\eta_\varepsilon(K)$ ، که به نوبه‌ی خود تعریف اولیه‌ی اثرات بازگشتی مستقیم بوده، استفاده می‌شود.

از آن‌جا که $\eta_\varepsilon(G)$ و $\eta_{P_K}(K)$ ، هر دو منفی می‌باشند، مقدار $\eta_\varepsilon(G)$ کوچک‌تر از یک است. به سبب تأثیر هزینه‌ی هر کیلومتر سوخت مصرف شده در سفر، $\eta_{P_K}(K)$ ، تعریف دوم به ما می‌گوید که چگونه یک تغییر در مصرف سوخت به یک اثر مستقیم و یک اثر بازگشتی تبدیل می‌شود.

۵-۳- اثرات بازگشتی مستقیم به عنوان یک کشش قیمتی تقاضا برای انرژی

هنگامی که به‌دست آوردن داده‌های کار مفید (K) مشکل باشد، می‌توان از داده‌های تقاضای انرژی (G) که معمولاً موجود می‌باشند، برای خدمات انرژی استفاده نمود. به‌علاوه، با توجه به برون‌زا بودن کارایی انرژی و با فرض این‌که $P_K = P_G / \varepsilon$ استدلالی مشابه، منجر به تعریف دیگری برای اثرات بازگشتی مستقیم مبنی بر کشش قیمتی خودی تقاضای انرژی ($\eta_{P_G}(G)$) می‌شود:

$$\eta_\varepsilon(G) = -\eta_{P_G}(G) - 1 \quad \text{تعریف ۳}$$

که نحوه‌ی دستیابی به چنین فرمولی در زیر ارائه شده است:

$$\text{فرض کنید } G = K(P_K) / \varepsilon \text{ و } P_K = P_G / \varepsilon \text{ باشد. داریم:}$$

$$\eta_{P_K}(K) = \frac{\partial K}{\partial P_K} \frac{P_K}{K} = \frac{\partial(\varepsilon G)}{\partial(P_G / \varepsilon)} \frac{P_G / \varepsilon}{\varepsilon G}$$

با توجه به این‌که کارایی انرژی برون‌زاست، رابطه‌ی بالا به صورت زیر در می‌آید:

$$\eta_{P_K}(K) = \frac{\partial G}{\partial P_G} \frac{P_G}{G} = \eta_{P_G}(G)$$

یا:

$$\eta_\varepsilon(G) = -\eta_{P_G}(G) - 1$$

در تعریف سوم، $\eta_\varepsilon(G)$ کشش کارایی تقاضای انرژی (بنزین) را نشان می‌دهد. ε بیانگر کارایی انرژی و G بیانگر مقدار تقاضای انرژی می‌باشد. در این تعریف کشش قیمتی خودی تقاضای انرژی ($\eta_{P_G}(G)$) اندازه‌ی اثرات بازگشتی را نشان می‌دهد و عدد "۱ -"، توانایی بالقوه‌ی ذخیره‌ی انرژی ناشی از بهبود کارایی انرژی می‌باشد. هم‌چنین

این تعریف تکیه بر این فرض دارد که مصرف‌کنندگان به روش یکسانی به افزایش (کاهش) قیمت‌های انرژی واکنش نشان می‌دهند، همان‌گونه که به کاهش (افزایش) کارایی انرژی عکس‌العمل مشابهی نشان می‌دهند و این‌که کارایی انرژی به تغییرات قیمت‌های انرژی حساس نمی‌باشد. یکی از ویژگی‌های تعریف سوم این است که نیازی به داده‌های تقاضا برای کار مفید و نیز کارایی انرژی ندارد. بنابراین در کشورهایی که جمع‌آوری این داده‌ها میسر نیست، امکان برآورد اثرات بازگشتی مستقیم گسترده‌ی وسیعی از خدمات انرژی، از این روش فراهم می‌شود (سورل و دیمیتروپولوس، ۲۰۰۷).

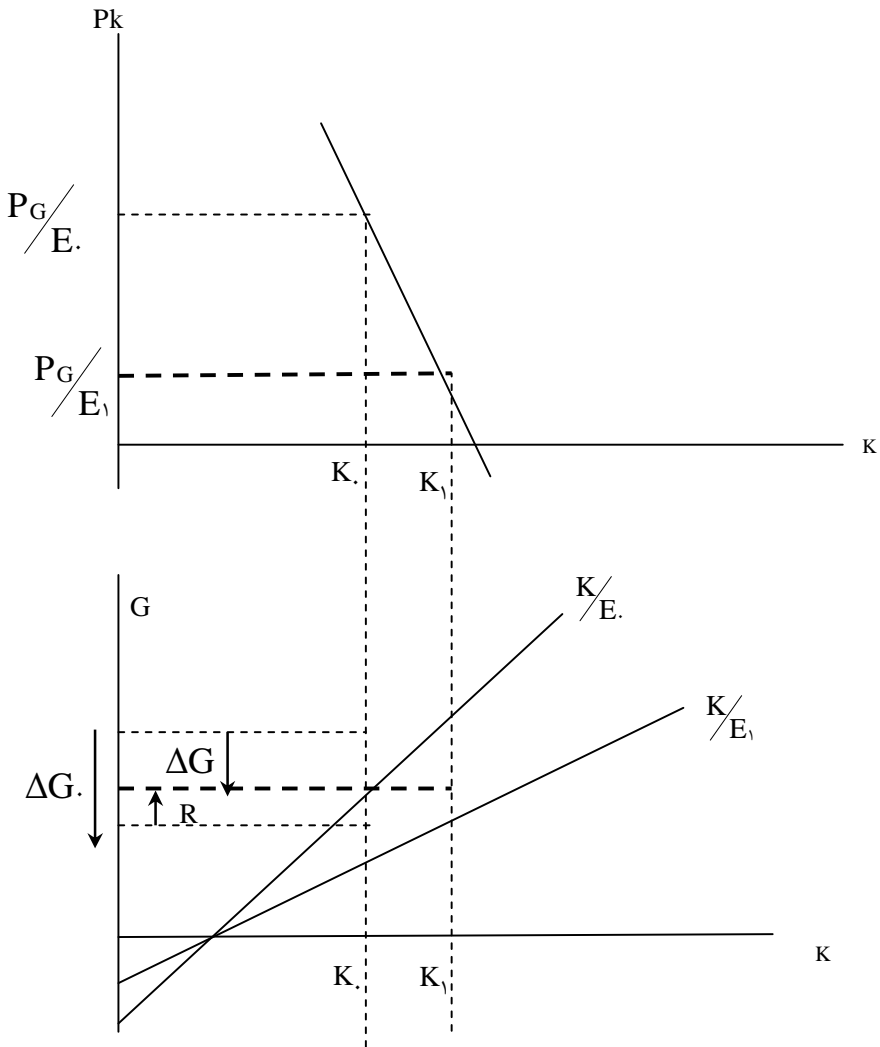
توضیح نموداری اثرات بازگشتی

در اولین نمودار، محور عمودی بیانگر هزینه‌ی هر کیلومتر پیمایش (P_K) و محور افقی نشان دهنده‌ی کیلومترهای پیموده شده توسط خودرو (K) می‌باشد. منحنی D_K ، تقاضای مسافت پیموده شده توسط خودرو را به عنوان تابعی از هزینه‌ی هر کیلومتر پیمایش نشان می‌دهد.

در دومین نمودار، محور عمودی بیانگر مصرف سوخت (G) و محور افقی نشان دهنده‌ی کیلومترهای پیموده شده توسط خودرو (K) می‌باشد. این نمودار، مصرف سوخت را به عنوان تابعی از مسافت پیموده شده توسط خودرو، در دو مقدار مختلف برای کارایی سوخت، E_1 و E_2 نشان می‌دهد.

ابتدا راندمان سوخت از E_1 به E_2 افزایش می‌یابد. اگر پیمایش مسیر توسط خودرو در مقدار اولیه خود ثابت بماند، K ، مصرف سوخت به اندازه‌ی ΔG (اثر مستقیم) کاهش می‌یابد، اما در حقیقت پیمایش مسافت، از K_1 به K_2 افزایش می‌یابد و منجر به افزایش مصرف سوخت به اندازه‌ی R می‌شود، بنابراین کاهش مصرف سوخت، ΔG نمی‌باشد، بلکه $\Delta G = \Delta G_1 - R$ است. اگر فرض شود که ΔG_1 ، ذخیره‌ی بالقوه‌ی انرژی را هنگامی که بهبود کارایی انرژی انجام می‌گیرد، نشان دهد و نیز R نشان دهنده‌ی افزایش مصرف بنزین ناشی از کاهش هزینه‌ی هر کیلومتر پیمایش باشد، می‌توان اثرات بازگشتی را به صورت زیر تعریف کرد (اسمال و دندر، ۲۰۰۵) :

$$RE = \left| \frac{R}{\Delta G} \right| \times 100 (\%)$$



شکل ۱- اثرات بازگشتی برای تغییرات برونزای کارایی سوخت

۶- معرفی مدل و آزمون آن

هدف اصلی در این بخش، ارائه‌ی مدلی است که بر اساس آن بتوان اثرات بازگشتی افزایش کارایی انرژی را در ایران برآورد کرد. در بخش ۵، سه مدل برای برآورد اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها بیان شده است. از آن‌جا که در ایران با محدودیت شدید داده‌هایی نظیر کارایی خودرو و نیز تقاضا برای کار مفید (کل کیلومترهای پیمایش شده توسط خودروها در هر سال) مواجه هستیم، در این تحقیق برای به‌دست آوردن میزان اثرات بازگشتی، از روش کشش قیمتی خودی تقاضا برای انرژی استفاده می‌شود. برای محاسبه‌ی این کشش، نیاز به یک فرم تبعی از مدل است. ساختار مدل، تک معادله‌ای^۱ و فرم تبعی آن لگاریتمی مضاعف^۲، روش تخمین حداقل مربعات معمولی^۳ و سال‌های مورد بررسی ۸۸-۱۳۵۵ می‌باشد. علت استفاده از این تابع آن است که با برازش معادله، به راحتی می‌توان کشش تقاضا را به‌دست آورد.

$$LGC_t = a_1 LGDP_t + a_2 LCPI_t + a_3 LGP_t + e_t$$

به طوری که:

LGC_t : لگاریتم کل بنزین موتور مصرف شده در بخش حمل و نقل جاده‌ای در هر سال

$LGDP_t$: لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶

$LCPI_t$: لگاریتم شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶

LGP_t : لگاریتم قیمت جاری هر لیتر بنزین در هر سال

از آن‌جا که تمامی متغیرها به صورت لگاریتمی در مدل ظاهر شده‌اند، تمامی ضرایب بیانگر کشش می‌باشند و a_3 - میزان اثرات بازگشتی را نشان می‌دهد.

$$\left(\eta_{PG}(G) = -a_3 \right)$$

برای برآورد مدل به بررسی آزمون‌های زیر پرداخته می‌شود:

- 1- Single Equation.
- 2- Double- Log.
- 3- Ordinary Least Squares (OLS).
- 4- Log (Gasoline Consumption).
- 5- Log (Gasoline Price).

ایستایی و آزمون ریشه‌ی واحد^۱

از آن‌جا که بیش‌تر سری‌های زمانی اقتصاد کلان، نایستا می‌باشند، از این رو قبل از استفاده از متغیرهای سری زمانی، لازم است نسبت به ایستایی و نایستایی آن اطمینان حاصل کرد. برای اطمینان از ایستایی و نایستایی متغیرهای سری زمانی به کار رفته در مدل، از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته^۲ استفاده می‌شود. برای استفاده از این روش، ابتدا فرض صفر تعیین می‌شود، که در این تحقیق، فرض صفر، دارا بودن ریشه‌ی واحد تعریف شده است. در صورت رد فرض صفر، متغیر مورد نظر ریشه‌ی واحد ندارد و بنابراین ایستاست. لازم به ذکر است که در این تحقیق، معیار شوارتز برای تعیین طول وقفه انتخاب می‌شود. نتایج، نشان می‌دهد که تمامی متغیرها در سطح، نامانا بوده و همواره مقادیر t محاسبه شده دیکی- فولر تعمیم یافته، از مقادیر بحرانی مک کینون^۳ در سطوح (۱٪، ۵٪ و ۱۰٪) کوچک‌تر می‌باشد، لذا فرضیه‌ی H_0 مبنی بر داشتن ریشه‌ی واحد رد نمی‌شود. اما تکرار آزمون در مورد تفاضل داده‌ها نشان می‌دهد که تمامی این متغیرها پس از یک بار تفاضل‌گیری، مانا می‌باشند. نتایج آزمون مزبور به صورت زیر است:

جدول ۱- آزمون دیکی فولر تعمیم یافته برای تفاضل مرتبه‌ی اول متغیرهای مورد نظر

نام متغیر	آماره‌ی ADF	مقدار بحرانی در سطح ۱٪	مقدار بحرانی در سطح ۵٪	مقدار بحرانی در سطح ۱۰٪	نتیجه آزمون
LGC _t	-۴.۵۸۹۳	-۳.۶۵۳۷	-۲.۹۵۷۱	-۲.۶۱۷۴	I(1)
LGDP _t	-۴.۱۷۸۴	-۴.۲۹۶۷	-۳.۵۶۸۳	-۳.۲۱۸۳	I(1)
LCPI _t	-۳.۴۹۲۱	-۴.۲۷۳۲	-۳.۵۵۷۷	-۳.۲۱۲۳	I(1)
LGP _t	-۵.۷۷۱۹	-۴.۲۷۳۲	-۳.۵۵۷۷	-۳.۲۱۲۳	I(1)

منبع: نتایج تحقیق

1- Unit Root Test.

2- Augmented Dickey-Fuller.

3- MacKinnon.

بنابراین تمامی متغیرها مانا از درجه‌ی یک هستند و می‌توان بدون واهمه از رگرسیون کاذب، با بررسی رابطه‌ی هم‌انباشتگی بین متغیرها، رابطه‌ی تعادلی بلندمدت متغیرها را بررسی کرد.

آزمون هم‌انباشتگی یوهانسون - یوسیلیوس^۱

برای انجام هم‌انباشتگی یوهانسون - یوسیلیوس، از آزمون‌های حداکثر مقدار ویژه استفاده می‌شود.

در آزمون هم‌انباشتگی یوهانسون - یوسیلیوس، ۶ گزینه وجود دارد. توجه به این گزینه‌ها مهم است، زیرا مقادیر جدولی و بحرانی را تعیین می‌کند و اگر اشتباه باشند قضاوت‌ها نیز اشتباه خواهند بود. در این بررسی ابتدا گزینه‌ی ۶ آزمون می‌شود. همان‌گونه که در جدول زیر مشخص است، آزمون‌های Trace^۲ و Max-Eig^۳، رابطه‌ی بلندمدت تعادلی را در سطح معنی‌داری ۵٪ نشان می‌دهند. به بیان دیگر بین Trace و Max-Eig گزینه‌ی اول و دوم، رابطه‌ی بلندمدت وجود دارد و دو بردار هم‌انباشتگی موجود می‌باشد.

جدول ۲- آزمون یوهانسون - یوسیلیوس گزینه‌ی شش

Data Trend	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Trace	۱	۱	۰	۰	۰
Max-Eig	۱	۱	۰	۰	۰

منبع: نتایج تحقیق

حال به آزمون گزینه‌های اول و دوم پرداخته می‌شود. نتایج آزمون گزینه‌ی ۱ به صورت جداول نشان داده شده است.

1- Johansen Cointegration Test.

2- Trace Statistic.

3- Max- Eigenvalue Statistic.

جدول ۳- آزمون یوهانسن - یوسیلیوس گزینه‌ی یک

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None*	۰.۶۱۲۳	۴۹.۷۲۳	۴۰.۱۷۴	۰.۰۰۴۲
At most 1	۰.۳۷۲۳	۱۹.۳۹۶	۲۴.۲۷۵	۰.۱۸۲
At most 2	۰.۱۲۰۵	۴.۴۹۰	۱۲.۳۲۰	۰.۶۴۰
At most 3	۰.۰۱۱۷	۰.۳۷۹	۴.۱۲۹	۰.۶۰۱

* به رد فرضیه‌ی عدم وجود بردار هم انباشتگی در سطح معنادار بودن ۵٪ اشاره می‌کند.

منبع: نتایج تحقیق

آزمون یوهانسن - یوسیلیوس گزینه‌ی یک

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None*	۰.۶۱۲۳	۳۰.۳۲۷	۲۴.۱۵۹	۰.۰۰۶۴
At most 1	۰.۳۷۲۳	۱۴.۹۰۶	۱۷.۷۹۷	۰.۱۲۹
At most 2	۰.۱۲۰۵	۴.۱۱۱	۱۱.۲۲۴	۰.۶۱۰
At most 3	۰.۰۱۱۷	۰.۳۷۹	۴.۱۲۹	۰.۶۰۱

* به رد فرضیه‌ی عدم وجود بردار هم انباشتگی در سطح معنادار بودن ۵٪ اشاره می‌کند.

منبع: نتایج تحقیق

هم‌چنین نتایج آزمون گزینه‌ی ۲ در جداول زیر آمده است.

جدول ۴- آزمون یوهانسن - یوسیلیوس گزینه‌ی دو

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None*	۰.۶۱۳	۶۲.۳۳۲	۵۴.۰۷۹	۰.۰۰۷۷
At most 1	۰.۳۸۰	۳۱.۹۱۴	۳۵.۱۹۲	۰.۱۰۸
At most 2	۰.۳۲۵	۱۶.۵۷۹	۲۰.۲۶۱	۰.۱۴۹
At most 3	۰.۰۱۱۷	۳.۹۹۷	۹.۱۶۴	۰.۴۱۲

* به رد فرضیه‌ی عدم وجود بردار هم انباشتگی در سطح معنادار بودن ۵٪ اشاره می‌کند.

منبع: نتایج تحقیق

آزمون یوهانسن - یوسیلیوس گزینیه‌ی دو

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None*	۰.۶۱۳	۳۰.۴۱۷	۲۸.۵۸۸	۰.۰۲۸
At most 1	۰.۳۸۰	۱۵.۳۳۴	۲۲.۲۹۹	۰.۳۴۸
At most 2	۰.۳۲۵	۱۲.۵۸۱	۱۵.۸۹۲	۰.۱۵۴
At most 3	۰.۰۱۱۷	۳.۹۹۷	۹.۱۶۴	۰.۴۱۲

* به رد فرضیه‌ی عدم وجود بردار هم انباشتگی در سطح معنادار بودن ۵٪ اشاره می‌کند.

منبع: نتایج تحقیق

نتایج حاصل از آزمون هم انباشتگی یوهانسن - یوسیلیوس نشان می‌دهد که در سطح معنی‌دار بودن ۵٪ هم انباشتگی بین متغیرهای فوق تأیید می‌شود. وجود بردار هم انباشتگی بین متغیرها بیانگر رابطه‌ی تعادلی بلندمدت می‌باشد.

۳-۶ - برآورد اثرات بازگشتی

$$LGC_t = 0.6795 * LGDP_t + 0.2791 * LCPI_t - 0.0890 * LGP_t + 0.9028$$

$$t \quad 80,43 \quad 9,756 \quad -2,27 \quad 19,34$$

$$Prob, \quad 0,000 \quad 0,000 \quad 0,030 \quad 0,00$$

$$R^2 = 0.98 \quad D.W=1.83 \quad Adj. R^2 = 0.98$$

آزمون هم انباشتگی انگل - گرنجر تعمیم یافته

در روش انگل - گرنجر تعمیم یافته، ابتدا رگرسیون مانند مدل این تحقیق، به روش OLS برآورد می‌کنند و با استفاده از آن جمله‌ی اختلال رگرسیون را به دست می‌آورند. سپس به روش دیکی فولر تعمیم یافته، نامانایی جمله‌ی اختلال رگرسیون را آزمون می‌کنند. اگر جمله‌ی اختلال مانا باشد، آن‌گاه نتیجه‌گیری می‌شود که متغیرهای مورد بررسی، هم انباشته می‌باشند.

نتایج آزمون انگل - گرنجر تعمیم یافته نشان می‌دهد، که قدر مطلق آماره‌ی t آزمون ADF^۱، برای جمله‌ی اختلال در بلندمدت، در سطح، ۲.۸۳۷۹- می‌باشد و

1- The Augmented Dickey-Fuller.

بزرگ‌تر از ارزش بحرانی در سطح ۱۰٪ است. در این آزمون مقادیر بحرانی مک کینون به ترتیب برابر (۳۰۶۵۳۷، -۲۰۹۵۷۱ و -۲۰۶۱۷۴) می‌باشد و بنابراین ماناست.

هیستوگرام و آزمون نرمال بودن جملات پسماند^۱

این آزمون، هیستوگرام جملات پسماند و آماره‌ی جارک- برا^۲ برای نرمال بودن، به اضافه‌ی یک سری آماره‌ی توصیفی ساده‌ی جملات پسماند را ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از این آزمون در مورد جملات پسماند معادله نشان می‌دهد که کشیدگی^۳ برابر با ۳۰۰۹۷۶، چولگی^۴ برابر با ۰۰۰۳۶۷- آماره‌ی جارک برا برابر با ۰۰۰۷۷۹ و احتمال آماره‌ی جارک برا برابر با ۰۰۰۶۷۷ می‌باشد، بنابر این توزیع جملات پسماند نرمال است.

آزمون خود همبستگی LM^۵

در این آزمون فرضیه‌ی H_۰ عدم وجود خودهمبستگی و H_۱ وجود خودهمبستگی است. از آن جا که در این آزمون، احتمال آماره‌ی F^۶ برابر با ۰۰۱۱۷۵ می‌باشد و از سویی احتمال $n * R^2 = \text{obs} * R - \text{squared}$ برابر با ۰۰۰۰۹ است و این مقادیر بیش‌تر از ۰۰۰۰۵ هستند، می‌توان نتیجه گرفت که عدم وجود خود همبستگی وجود دارد.

آزمون وایت با ضرب متغیرهای توضیحی^۱

در آزمون وایت فرضیه‌ی H_۰ عدم وجود ناهمسانی واریانس و H_۱ وجود ناهمسانی واریانس است. از آن جا که در این آزمون، احتمال آماره‌ی F برابر با ۰۰۱۵۹۱ می‌باشد و از سویی احتمال $n * R^2 = \text{obs} * R - \text{squared}$ برابر با ۰۰۱۶۴۳ است و این مقادیر بیش‌تر از ۰۰۰۰۵ هستند، می‌توان نتیجه گرفت، که ناهمسانی واریانس وجود ندارد.

1- Histogram and Normality.

2- Jarque-Bera.

3- Kurtosis.

4- Skewness.

5- Serial Correlation LM Test.

6- Probability.

7- F-Statistic.

8- White Heteroskedasticity Test .

آزمون رمزی^۱ و بررسی شکست ساختاری

این آزمون برای بررسی خطای تبیین الگوی رگرسیون طراحی شده است. نتایج این آزمون نشان می‌دهد که احتمال آماره‌ی F برابر با ۰.۴۹۳۹ و احتمال لگاریتم درست‌نمایی ۰.۴۵۵ می‌باشد. این نتایج گواه قبول فرضیه‌ی صفر، یعنی عدم وجود شکست ساختاری است.

۷- نتایج و تحلیل آن

از آن جا که تمامی متغیرها به فرم لگاریتمی آورده شده‌اند، ضرایب^۲ به عنوان کشش کشش شناخته می‌شوند. که این کشش‌ها به صورت بلندمدت هستند. نتایج نشان می‌دهند که a_1 مساوی ۰.۶۷۹۵ می‌باشد و نشان دهنده‌ی این است که وقتی لگاریتم تولید ناخالص داخلی واقعی، ۱٪ افزایش می‌یابد، لگاریتم کل مصرف بنزین حمل و نقل جاده‌ای ۰.۶۷۹۵٪ افزایش خواهد یافت. همچنین a_2 برابر با ۰.۲۷۹۱ است، یعنی ۱٪ افزایش در لگاریتم شاخص قیمت مصرف‌کننده، منجر به ۰.۲۷۹۱٪ افزایش در لگاریتم کل مصرف بنزین حمل و نقل جاده‌ای می‌شود. ضریب LGP بیانگر میزان اثرات بازگشتی می‌باشد. اندازه‌ی این کشش ۰.۰۸۹- است، یعنی ۱٪ افزایش در لگاریتم قیمت جاری هر لیتر بنزین در هر سال، منجر به ۰.۰۸۹٪ کاهش در لگاریتم کل مصرف بنزین حمل و نقل جاده‌ای می‌شود. از آن جا که با توجه به تعاریف ۱ و ۳، کشش کل مصرف بنزین موتور حمل و نقل جاده‌ای نسبت به قیمت هر لیتر بنزین، $\eta_{PG}(G)$ ، به عنوان یک نماینده برای کشش تقاضای مسافت پیموده شده نسبت به کارایی سوخت، $\eta_E(K)$ ، که به نوبه‌ی خود تعریف اولیه‌ی اثرات بازگشتی مستقیم بود، استفاده می‌شود، اندازه‌ی این کشش، بیانگر اثرات بازگشتی بلندمدت می‌باشد.

اثرات بازگشتی بلندمدت ۹٪ به این معناست که به ازای ۱٪ افزایش راندمان، ۰.۰۸۹٪ افزایش پیمایش (مسافت) خودرو را خواهیم داشت به عبارت دیگر ۹٪ از ذخایر بالقوه‌ی انرژی، دوباره مصرف شده است. با جای‌گذاری عدد ۰.۰۸۹- در تعریف ۳، مشاهده می‌شود که $\eta_E(G)$ برابر با ۰.۹۱ خواهد بود، یعنی ۹۱٪ انرژی‌ای که

1- Ramsey RESET Test.

2- Coefficients.

انتظار می‌رفت با بهبود کارایی صرفه‌جویی شود، ذخیره شده است. می‌توان گفت هر چه تقاضا نسبت به قیمت انرژی، با کشش تر باشد، اثرات بازگشتی بیش‌تر خواهد بود، زیرا هنگامی که با افزایش کارایی انرژی، قیمت خدمات انرژی کاهش یابد، به دلیل با کشش بودن تقاضای انرژی نسبت به قیمت آن، تقاضای انرژی با شدت بیش‌تری نسبت به این کاهش قیمت، واکنش نشان می‌دهد. در نتیجه، مصرف انرژی تا اندازه‌ی نسبتاً زیادی، افزایش می‌یابد و مقدار زیادی از ذخیره‌ی انرژی بالقوه، دوباره مصرف می‌شود. از این‌رو، اثرات بازگشتی، بزرگ خواهد بود. از سوی دیگر، در صورت کم کشش بودن تقاضای انرژی، به دلیل حساسیت کم تقاضا نسبت به قیمت، با افزایش کارایی انرژی، مقدار کم‌تری از ذخیره‌ی انرژی بالقوه، دوباره مصرف می‌شود و در نتیجه اثرات بازگشتی کوچک خواهد بود. در ایران به دلیل این‌که در دوره‌ی مورد بررسی، قیمت‌های بنزین بسیار پایین بوده و در طول این سالیان افزایش چندانی نداشته است، به بیان دیگر اثر تغییر قیمت کوچک بوده است، بنابراین پایین‌ترین سهم سفر در مخارج مصرف‌کننده مشاهده می‌شود، از این‌رو تقاضای بنزین در ایران کم کشش می‌باشد و میزان اثرات بازگشتی کوچک است.

هم‌چنین می‌توان گفت اثرات بازگشتی، به این بستگی دارد که در تولید یک کالا، چه مقدار انرژی به عنوان نهاده‌ی تولیدی به کار می‌رود. در صورتی که، سهم انرژی در تولید یک کالا زیاد و کشش قیمتی تقاضا برای انرژی بزرگ باشد، انتظار می‌رود اثرات بازگشتی، مقدار عددی بزرگی را به خود اختصاص دهد، از سویی اگر سهم انرژی در فرآیند تولیدی یک کالا ناچیز باشد، حتی با وجود کشش قیمتی بالا، می‌توان انتظار داشت اثرات بازگشتی کوچک باشد (لوینز^۱، ۱۹۹۸، شپیپر و گراب^۲، ۲۰۰۰).

کشش قیمتی یک کالا، به کل هزینه‌ای که در فراهم کردن آن کالا به کار می‌رود، بستگی دارد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های سرمایه، نیروی کار، مواد خام و انرژی است. در عمل خودروهای کارا تر، هزینه‌های سرمایه‌ی بیش‌تری نسبت به خودروهای ناکارا تر دارند. به عبارتی، اگر مدل‌های ناکارآمد با مدل‌های کارا تر جایگزین شوند، باید هزینه‌های بیش‌تری را پرداخت کرد که به این هزینه‌ها، هزینه‌ی سرمایه گفته می‌شود. بنابراین، افزایش هزینه‌های سرمایه که ناشی از بالا بردن کارایی انرژی است، منجر به

1- Lovins.

2- Schipper and Grubb.

کاهش تقاضا برای خدمات انرژی می‌شود و در نتیجه اندازه‌ی اثرات بازگشتی را کم می‌کند. از این رو می‌توان گفت اگر انرژی سهم کوچکی از کل هزینه‌ها داشته باشد، کاهش تقاضا نسبت به قیمت انرژی، کوچک‌تر از کاهش قیمتی تقاضا نسبت به کل هزینه است.

اثرات بازگشتی ۰.۹٪، دلالت بر موفق بودن سیاست افزایش کارایی انرژی در جهت کاهش مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد و نیازی نیست که همراه با افزایش کارایی، اقدامات دیگری مانند برقراری مالیات بر مصرف انرژی و مالیات بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن و در ایران، حذف یارانه‌های انرژی انجام گیرد تا بتوان مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها را کاهش داد، زیرا اگر مسافت پیموده شده توسط وسیله‌ی نقلیه‌ی موتوری به شدت به هزینه‌ی سوخت مصرف شده در هر کیلومتر پیمایش حساس باشد، در این صورت مالیات بر سوخت و در کشور ما حذف یارانه‌های سوخت، در کاهش تقاضای بنزین نسبت به معیارهای اقتصادی فنی مصرف سوخت خودرو روش مؤثرتری است، اما اکنون که مسافت پیموده شده توسط خودرو، به هزینه‌ی سوخت مصرف شده در هر کیلومتر پیمایش حساس نمی‌باشد، معیارهای اقتصادی فنی سوخت، روش بسیار مؤثرتری در کاهش مصرف بنزین به شمار نمی‌رود، بنابراین به طور کل می‌توان گفت اگر میزان اثرات بازگشتی بزرگ باشد، تأثیر اقدامات فنی که به منظور بهبود کارایی سوخت انجام می‌گیرد، کاهش خواهد یافت. مگر این‌که این اقدامات، توأم با عملکردهای دیگری مانند افزایش مالیات بر بنزین و در کشور ما حذف یارانه‌ها، به منظور افزایش قیمت مسافت پیموده‌ی خودرو باشد و بالعکس اگر اثرات بازگشتی کوچک باشد، معیارهای کارایی سوخت در کاهش مصرف انرژی نسبتاً مؤثر خواهد بود.

در پایان، به منظور کامل شدن بحث، مقایسه‌ای بین اثرات بازگشتی برآورد شده در دو کشور آمریکا و ایران انجام می‌گیرد. در هر دو تحقیق، از فرم تبعی لگاریتمی مضاعف به منظور برآورد اثرات بازگشتی استفاده شده است. مطالعه‌ی انجام گرفته در آمریکا بر مبنای داده‌های ۳۶ سال و مطالعه‌ی انجام گرفته در ایران بر اساس داده‌های ۳۴ سال می‌باشد. اثرات بازگشتی برآورد شده در جدول زیر نشان داده شده است. همان‌طور که از جدول مشخص است، اثرات بازگشتی در هر دو کشور ایران و آمریکا کوچک بوده و افزایش کارایی انرژی یک سیاست موفق در جهت کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد.

جدول ۵ - مقایسه‌ی اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها در دو کشور ایران و آمریکا

اثرات بازگشتی در ایران	٪۹
اثرات بازگشتی در آمریکا	٪۱۱.۲

منبع: محاسبات تحقیق و اسمال و دندر (Small and Dender, 2005)

۸- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در ایران اثرات بازگشتی بلندمدت بهبود راندمان خودروها در حدود ٪۹ می‌باشد. اثرات بازگشتی بلندمدت ٪۹ به این معناست که به ازای ٪۱ افزایش راندمان، ٪۰.۰۸۹ افزایش پیمایش (مسافرت) خودرو را خواهیم داشت به عبارت دیگر با ٪۱۰۰ افزایش راندمان، ٪۹ از ذخایر بالقوه‌ی انرژی، دوباره مصرف شده است و ٪۹۱ انرژی ای را که انتظار می‌رفت با بهبود کارایی صرفه‌جویی شود، ذخیره شده است.

در ایران به دلیل این که در دوره‌ی مورد بررسی، قیمت‌های بنزین بسیار پایین بوده و در طول این سالیان افزایش چندانی نداشته و به بیان دیگر اثر تغییر قیمت کوچک بوده است، بنابراین پایین‌ترین سهم سفر را در مخارج مصرف‌کننده دارد. از این‌رو تقاضای بنزین در ایران کم‌کشش و میزان اثرات بازگشتی کوچک است.

نتایج این تحقیق بر موفق بودن سیاست افزایش کارایی انرژی در جهت کاهش مصرف انرژی و انتشار گاز دی اکسید کربن، دلالت دارد.

هم چنین با توجه به بررسی انجام شده پیشنهاد می‌شود:

به دلیل محدودیت داده، دسترسی به تقاضای مسافرت و یا کل کیلومترهای پیمایش شده توسط وسایل نقلیه در هر سال وجود ندارد. در صورت وجود این داده، محققان قادر به برآورد اثرات بازگشتی مستقیم از طریق کشش کیلومترهای پیمایش شده نسبت به هزینه‌ی هر کیلومتر پیمایش $\eta_{PK}(K)$ خواهند بود.

به دلیل محدودیت داده، دسترسی به کارایی خودرو وجود ندارد. برآورد اثرات بازگشتی مستقیم از طریق کشش کارایی انرژی برای پیمایش مسیر $\eta_{\epsilon}(K)$ ، محاسبه‌ی دقیق‌تری از اثرات بازگشتی را در پی خواهد داشت.

از آن جا که در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ افزایش شدید قیمت بنزین و نیز سه قیمتی شدن بنزین اتفاق افتاده است، محاسبه‌ی اثرات بازگشتی کوتاه‌مدت، با داده‌های

مقطعی بسیار مفید می‌باشد و می‌تواند رویکرد جدیدی را در رابطه با بهبود کارایی انرژی برای سیاست‌گذاران انرژی فراهم کند.

فهرست منابع

- آمارنامه‌ی مصرف فرآورده‌های انرژی‌زا ۱۳۸۸
بانک جهانی، www.worldbank.org
- بانک مرکزی ایران، سال‌های مختلف، www.cbi.ir
- ترازنامه‌ی هیدروکربوری کشور ۱۳۸۷
- مزرعتی، محمد، ۱۳۸۸، "اقتصاد انرژی ۲: مدل‌سازی تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل".
- Berkhout, P. H. G., J. C. Muskens, and J. W. Velthuisen, (2000), 'Defining the rebound effect', *Energy Policy*, 28(6-7), 425-32.
- Blair, R. D., D.L. Kaserman and R. C. Tepel, (1984), "The Impact of Improved Mileage on Gasoline Consumption." *Economy Inquiry* 22 (April): 209-217.
- Brookes, L. (1990). "The Greenhouse Effect: The Fallacies in the Energy Efficiency Solution" *Energy Policy* 18(2): 199-201
- Frondel, M., J. Peters, and C. Vance, (2007), 'Identifying the Rebound Issues and Empirical Evidence from a German Household Panel', RWI Discussion Paper No. 57 Essen.
- Gately, D., (1990) , 'The U.S. demand for highway traveled and Motor fuel' . *Energy Journal* 11(3), 59-73
- Greene, D. L. (1992), 'Vehicle use and fuel economy: how big is the "rebound" effect? *Energy, Journal* 13 (1), 117-43.
- Greene, D. L. J. R. Kahn, and R. C. Gibson, (1999b), 'Fuel Economy Rebound Effect for US Household Vehicles', *Energy Journal*, 20(3), 1-31.
- Greening, L. A., D. L. Greene, and C. Difiglio, (2000), 'Energy Efficiency and Consumption – the Rebound Effect - a Survey', *Energy Policy*, 28(6-7), 389-401.

Hernandez, A., D., Pifarre, F., (2009), ' Short Run Scenarios and Policies Whereby Economy-Wide Rebound Effects Might be Mitigated', Working Paper. Preliminary Version (June 2009).

Johansson, O. and L. Schipper, (1997), 'Measuring long-Run Automobile Fuel Demand: Separate Estimations of Vehicle Stock, Mean Fuel Intensity, and Mean Annual Driving Distance', Journal of Transport Economics and Policy, 31(3), 277-92.

Khazzoom, J.D. (1980). "Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances."The Energy Journal 1(4): 21-40.

Lovins, A. B., (1998), 'Further comments on Red Herrings', Letter to the New Scientist, No. 2152, 18 September.

Mayo, J. W. and J. E. Mathis (1988), " The Effectiveness of Mandatory Fuel Efficiency Standards in Reducing the Demand for Gasoline".Applied Economics 20: 211-219.

Orasch, W. and F. Wirl, (1997), 'Technological Efficiency and the Demand for Energy (Road Transport)', Energy Policy, 25(14-15), 1129-36.

Saunders, H. D., (1992), 'The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth', The Energy Journal, 13(4), 131.

Schipper, L. and M. Grubb, (2000), 'On the rebound? Feedback between Energy Intensities and Energy Uses in IEA Countries', Energy Policy, 28(6-7), 367-88.

Small, K. A. and K. Van Dender, (2005), 'A study to Evaluate the Effect of Reduced Greenhouse Gas Emissions on Vehicle Miles Travelled', Prepared for the State of California Air Resources Board, the California Environment Protection Agency and the California Energy Commission, Final Report ARB Contract Number 02-336, Department of Economics, University of California, Irvine.

Steve Sorrel and John Dimitropoulos, (October 2007), 'UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect'

West, S. E., (2004), 'Distributional effects of alternative vehicle pollution control policies', Journal of Public Economics, 88, 735-57.

Wheaton, W. C., (1982), 'The Long-Run Structure of Transportation and Gasoline Demand', Bell Journal of Economics, 13(2), 439-54.