مجله اقتصادی
شماره‌های ۱۱ و ۱۲، بهمن و اسفند ۱۴۰۰، صفحات ۹۰-۷۱

اثر بازگشتی مصرف سوخت بنزین در ایران

فرناز صالحی
دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

مصطفی پناهی
دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

مجید احمدیان
استاد دانشگاه تهران، تهران، ایران

مدیریت تقاضای بنزین ضمن شناسایی عوامل مهم و تأثیرگذار بر مصرف این حامل انرژی، نیازمند آن است تا حساسیت هریک از آن‌ها نیز بررسی شود. از این رو، در این تحقیق به بررسی تأثیر مصرف بنزین در اقتصاد ایران که نقش ویژه‌ای در بخش حمل‌ونقل دارد می‌پردازیم. از این رو می‌بایست تصمیمات جدی برای ارتقا کارایی مصرف این فرآورده نفتی به قصد کنترل مصرف آن اتخاذ شود. بحث مرتبط با بهبود کارایی مصرف بنزین با موضوعی به نام «اثر بازگشتی» همراه است. درواقع اثرات بازگشتی به وضعیتی گفته می‌شود که با یک تغییر در سیستم مجدداً به دلایل گوناگون اثر آن تغییرات از بین رفته و وضعیت قبلی برقرار شود. در این پژوهش به بررسی مصرف بنزین در قالب یک مدل اقتصادسنجی پرداخته شده است. تابع تقاضای بنزین با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده طی سال‌های (۱۳۹۵- ۱۳۸۳) و با نرم‌افزار Eviews برآورد شده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که اثرات بازگشتی بلندمدت بهبود راندمان خودروها در ایران در بخش بنزینی حدود چهار درصد است. نتایج برآورد حاکی از آن است که از میان متغیرهای به‌کاررفته مصرف بنزین با تعداد خودروهای ناوگان حمل‌ونقل و درآمد خانوار در ارتباط است. درآمد خانوار در تحقیقات قبلی در نظر گرفته نشده است و تأثیر آن بر Tc مورد بررسی نبوده است؛ از طرف دیگر به جای آنکه کشش تقاضا برای انرژی نسبت به تغییرات کارایی انرژی تخمین زده شود، در مطالعات قبلی، بیشتر کشش قیمتی کار مفید مورد بررسی بوده است.

واژگان کلیدی: اثرات بازگشتی، کارایی انرژی، ناوگان حمل‌ونقل، مدل حداقل مربعات معمولی

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

۱. مقدمه

امروزه در اقتصاد جهان‌بین بخش‌های مختلف اقتصاد بخش حمل‌ونقل از جهت مصرف سوخت و کاربرد اقتصادی زیاد از ماشین نیاز فراوانی به مصرف سوخت دارد؛ از طرف دیگر نوآوری و تکنولوژی در ساخت خودروها روزبه‌روز پیشرفت کرده و با توجه به اینکه خودرو یک کالای اقتصادی بادوام است، لذا برای افزایش و پیشرفت رشد اقتصادی در کشورهای صنعتی تلاش بر این است که خودروهایی با کارایی بالاتر و مصرف بهینه سوخت طراحی شود و این خودروها جانشین خودروهای قدیمی شده تا برنامه‌ریزی لازم برای انجام بهینه‌سازی با موفقیت روبه‌رو شود. لازم به ذکر است که در ساخت و طراحی و تولید خودروها در مقام اول به تقاضای خانوارها توجه شد و نیاز آن‌ها در خرید خودرو مد نظر است؛ چراکه زمانی درآمد خانوارها افزایش می‌یابد که رشد اقتصادی کشورها سالیانه افزایش پیدا کند و از طرف دیگر توسعه صنعتی به سمتی حرکت کند که خودروها با کیفیتی بالاتر از نظر ساختار و مصرف سوخت کارآمد را به بازار عرضه کند.

توجه این مطلب حائز اهمیت است که خانوارها از دو جهت بررسی می‌شوند: ۱) از نظر پولی مثل درآمد و ثروت؛ ۲) از نظر کیفی مثل سلیقه، منش، آموزش، طبقه اجتماعی، سن و غیره.

با توجه به آمار زیر می‌توانیم با توجه به بهبود کارایی مصرف بنزین میزان کاهش در تقاضای بنزین را در هر بخش به صورت زیر طبق آمار مرکز آمار بیان کنیم:

بخش کشاورزی ۹٪، بخش معادن ۸٪، بخش صنایع غذایی ۹.۳٪، بخش پالایشگاه‌ها ۹.۵٪، بخش صنایع ۸.۸٪، بخش حمل‌ونقل ۹.۴٪.

پس نتیجه می‌گیریم عمده کاربرد این فرآورده‌ها در بخش حمل‌ونقل بوده و همین موضوع بیانگر نقش مهم فرآورده‌های نفتی به‌خصوص بنزین و گازوئیل در رشد اقتصادی کشورهای دنیا است. طبق گزارش سالیانه سال ۲۰۱۲ آژانس بین‌المللی انرژی، سهم مصرف جهانی فرآورده‌های نفتی در بخش حمل‌ونقل در سال ۲۰۱۰ رقمی حدود ۹۳ درصد بوده که نشان‌دهنده نقش مهم این فرآورده‌ها در بخش حمل‌ونقل و در کل اقتصاد است.

رشد اقتصاد جهانی و رشد جمعیت دو عامل اصلی تقاضای انرژی به طور کلی و به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل هستند. محور اصلی تقاضا برای همه منابع انرژی، رشد اقتصادی یعنی نرخ رشد GDP است. بر اساس گزارش صندوق بین‌الملل پول (IMF) در آوریل ۲۰۱۸، اقتصاد جهانی طی

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

نیمه دوم سال ۲۰۱۷ تقویت شده و انتظار می‌رود بهبود بیشتری طی سال ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ پیدا کند. اگرچه بهبود اقتصادی پیشرفته همچنان نامناسب است، لکن بهبود مزبور در اقتصاد جهانی عمدتاً از بهبود اقتصادی پیشرفته ناشی شده است.

دومین محرک اصلی در تقاضای انرژی، رشد جمعیت است. بر اساس پیش‌بینی‌های سازمان ملل، جمعیت جهان با متوسط رشد سالانه ۰/۹ درصد، از حدود ۶/۹ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۰ به ۸/۵ و ۹/۲ میلیارد نفر در سال‌های ۲۰۳۵ و ۲۰۵۰ خواهد رسید. البته رشد جمعیت روند تصاعدی کندی خواهد داشت به‌گونه‌ای که متوسط رشد از سالانه ۱/۱ درصدی طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰ به ۰/۷ درصد طی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۵ خواهد رسید. شایان ذکر است جمعیت جهان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ سالیانه ۱/۷ درصد و طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ سالیانه ۱/۳ درصد رشد داشته است (International Energy Agency, 2018).

تمرکز بر مسئله بهبود کارایی مصرف فرآورده‌های نفتی نگرانی‌های جدیدی از جمله «اثرات بازگشتی» و «اثرات معکوس» را در پی دارد (Alshehabi, O, 2013[1])؛ زیرا بخش حمل‌ونقل یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی است که با ارائه خدمات متعددی از جمله حمل‌ونقل مواد اولیه و انرژی، انتقال کالای نیمه ساخته و نهایی به بازارهای مصرف و جابه‌جایی مسافران و بار، نقش مهمی در توسعه اقتصادی ایفا می‌کند.

روش‌های مختلف حمل‌ونقل (هوایی، جاده‌ای، ریلی، دریایی و ...) در هر کشوری با توجه به شرایط جغرافیایی و برنامه‌ریزی اقتصادی به گونه متفاوتی توسعه یافته است؛ اما بدون تردید بخش حمل‌ونقل زمینی در همه کشورها روند رو به رشد سریعی داشته و سهم آن در انتقال بار و مسافر افزایش یافته است (اسماعیل‌نیا و اختیاری نیکچه، ۱۳۹۱).

به علاوه، بخش بزرگی از تقاضای انرژی در این بخش را فرآورده‌های نفتی برآورده می‌کند و از این رو این بخش وابستگی بسیار زیادی به نفت دارد (مزرعتی، ۱۳۸۸). به طور خلاصه، منظور از اثر بازگشتی پیامدها و یا واکنش‌های حاصل از اجرای سیاست‌های مؤثر بر صرفه‌جویی‌های سوخت است؛ لذا چنین اثری باعث می‌شود تا نتوان به اهداف مورد نظر به شکلی مطلوب دست یافت. لازم به ذکر است که در رابطه با اثر بازگشتی سه دیدگاه وجود دارد: ۱) برخی معتقدند این اثر تأثیر

1. Modelling Energy and Labour Linkages: A CGE Approach with and application to Iran

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

زیادی ندارد و می‌توان آن را نادیده گرفت؛ ۲) برخی معتقدند این اثر به قدری زیاد است که باعث شکست اهداف بهبود بازده انرژی می‌شود؛ ۳) دیگران معتقدند اگرچه این تأثیر جزئی نیست اما نسبتاً اندک است و بهبود بازده انرژی نیز راه مؤثری برای کاهش مصرف کلی انرژی است (Hymel, Kent M:[1]Small, Kennth A, 2000).

با توجه به اینکه بهبود کارایی انرژی توأم با شکل‌گیری اثر بازگشتی است، لذا بی‌توجهی یا کم‌توجهی به اثر بازگشتی به ناکارآمدی یا کم کارآمدی سیاست‌های بهبود کارایی منجر خواهد شد؛ بنابراین اهمیت موضوع در این است که عوامل مؤثر بر اثر بازگشتی بنزین را به‌صورت کمی مشخص شده و اثر بازگشتی بخشی را به اثرات جانشینی و تولیدی تفکیک کند. بررسی اثر بازگشتی (با توجه به مدل‌هایی که مشروحه) نشان می‌دهد اولاً، اثر بازگشتی مربوط به بنزین در همه بخش‌های اقتصاد از جمله زیربخش‌های حمل‌ونقل مثبت است؛ ثانیاً، بخش‌های تولیدی که بیشترین سهم از کل مصرف بنزین کشور را دارند عوامل اصلی در شکل‌گیری اثر بازگشتی بوده و سهم بیشتری از اثر بازگشتی گستره اقتصاد را به خود اختصاص داده‌اند؛ ثالثاً، تجزیه اثر بازگشتی در سطح فعالیت‌های تولیدی حاکی از تسلط مکانیزم اثر جانشینی و اثر تولیدی در شکل‌گیری اثر بازگشتی بخشی در کوتاه‌مدت است (سلیمانیان و همکاران، ۱۳۹۶).

شورای جهانی انرژی (WEC) با ترسیم سناریوهای جهانی حمل‌ونقل تا سال ۲۰۵۰ اقدام به بررسی آینده این بخش مهم نموده است. این سناریوها تحولات بالقوه در سوخت، تکنولوژی و سیستم‌های حمل‌ونقل را در افق ۲۰۵۰ بررسی می‌کنند. تحولات بخش حمل‌ونقل در این دوره چالش‌هایی را به دنبال خواهد داشت که بزرگ‌ترین آن ارائه حمل‌ونقل پایدار به ۷ تا ۹ میلیارد نفر با حداقل هزینه اجتماعی ممکن است. این سناریوها نشان می‌دهند سیاست‌های دولت نقش اساسی در تعیین روند آتی ایفا می‌کنند.

از آنجایی که افزایش کارایی مصرف سوخت یکی از پیامدهای بهبود تکنولوژی در صنایع خودروسازی است، لذا همواره اعتقاد بر این بوده است که بهبود کارایی مصرف سوخت تأثیر یک‌به‌یک بر کاهش مصرف دارد، اما مطالعات نشان می‌دهد که این اعتقاد درست نیست؛ درواقع

1. The rebound effect for automobile travel: Asymmetric response to price changes and novel features of the 2000s

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

بهبود کارایی مصرف سوخت سبب می‌شود که متوسط هزینه پرداختی برای سوخت به ازای پیمایش مشخص کاهش یابد (Baltagi, B, 2005[1]).

بحث مربوط به بهبود کارایی مصرف بنزین و نفت گاز با دغدغه‌ای به نام اثرات بازگشتی یا اثرات معکوس همراه است؛ این اثرات زمانی رخ می‌دهد که بهبود کارایی مصرف انرژی تقاضا را برای انرژی مستقیم و غیرمستقیم در بخش‌های مختلف تولیدی و مصرفی افزایش دهد. 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 رخ می‌دهد که بهبود تکنولوژی منجر به افزایش کارایی انرژی برخی تجهیزات شود. این افزایش کارایی یک اثر جانبی دارد و آن ارزان‌تر شدن خدمات انرژی است؛ یعنی قیمت واقعی خدمات انرژی کاهش می‌یابد و همان خدمت حاصل از مصرف انرژی را اکنون می‌توان با صرف پول کمتری به دست آورد؛ بنابراین، ذخیره انرژی پیش‌بینی‌شده ناشی از بهبود تکنولوژی (توانایی بالقوه ذخیره انرژی که توسط مهندس فنی پیش‌بینی می‌شود)، از طریق افزایش تقاضای خدمات کاهش می‌یابد (Greening et al, 2000[2]).

اسمال و دندر (۲۰۰۵) از روش پانل دیتا بر مبنای داده‌های ۳۶ سال (۲۰۰۱-۱۹۶۶) ۵۰ ایالت آمریکا به‌علاوه شهر واشنگتن استفاده کرده‌اند. آن‌ها نیز از فرم تبعی لگاریتمی مضاعف و روش تخمین 3SLS استفاده کرده‌اند. تخمین اسمال و دندر برای اثرات بازگشتی کوتاه‌مدت امریکا، ۵.۴٪ و برای بلندمدت ۲۲٪ به دست آمده است؛ همچنین با احتساب ارزش درآمد سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۷ در کالیفرنیا اثرات بازگشتی به طور قابل توجهی کوچک‌تر بوده اس؛، یعنی ۲.۲٪ در کوتاه‌مدت و ۲.۲٪ در بلندمدت.

فریر (۲۰۱۱) اثرات بازگشتی و مستقیم و غیرمستقیم ناشی از بهبود کارایی برق در ایالت کاتالونیا اسپانیا را به کمک ترکیبی از برآورد تابع تقاضا انرژی و مدل‌سازی داده– ستاده برآورد کرد و نشان داد بهبود که کارایی ۱۰ درصد انرژی، به اثر بازگشتی ۵۶ درصدی منجر می‌شود.

1. Econometric Analysis of Panel Data
2. Energy Efficiency and Consumption – the Rebound Effect - a Survey

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

ژو و همکاران (۲۰۱۸) اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی صنعتی را برای کشور چین محاسبه کردند و تجربه اثر بازگشتی گستره اقتصادی را به دو بخش تولیدی و تقاضای نهایی انجام داده‌اند؛ همچنین اثر بازگشتی بخش‌های تولیدی نیز به اثرات جانشینی و درآمدی تجزیه شده است. نتایج حاکی از آن است که اولاً، اثر بازگشتی ناشی از شوک پنج درصدی کارایی بسته به نوع حامل انرژی متفاوت است؛ ثانیاً، بخش‌های تولیدی که بیشترین مصرف انرژی را دارند، بیشترین سهم را نیز در اثر بازگشتی دارد.

در مقاله غلامعلی شرزه‌ای (۱۳۹۰) اثر افزایش کارایی انرژی بر مصرف خانوارهای ایرانی و انتشار CO_2 بررسی شده است. برای برآورد اثر بازگشت سه سناریو در نظر گرفته شده است و فرض می‌شود کارایی انرژی در سناریوهای اول، دوم و سوم به ترتیب ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد افزایش یابد. سپس با استفاده از شبیه‌سازی افزایش کارایی انرژی به‌صورت کاهش قیمت انرژی وارد مدل شده است. درنهایت با استفاده از روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتبط، تابع تقاضای تقریباً ایدئال برای دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۷ برآورد و سپس کشش‌های قیمتی محاسبه شده‌اند و با استفاده از کشش‌های قیمتی اثر افزایش کارایی انرژی بر مصرف خانوارها و انتشار دی‌اکسید کربن بررسی شده است. در هر سه سناریو اثر بازگشت برآورد شده در حدود ٪۹۸ است و آن را می‌توان به این صورت تفسیر کرد که افزایش کارایی انرژی در بخش حمل‌ونقل تأثیر کمی در کاهش انتشار CO_2 دارد؛ به عبارت دیگر اگر هدف کاهش مصرف انرژی و درنتیجه کاهش انتشار CO_2 باشد، افزایش کارایی انرژی در بخش حمل‌ونقل استراتژی موفقی نخواهد بود.

اسماعیل‌نیا و اختیاری نیکجه (۱۳۹۱) نیز به بررسی میزان اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت از طریق برآورد کشش قیمتی یا استفاده از تابعی به فرم تبعی لگاریتمی مضاعف برای سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۸۸ پرداخته‌اند. نتایج برآورد نشان می‌دهد اثرات بازگشتی بلندمدت بهبود راندمان خودروها در ایران حدود ۹ درصد ارزیابی شده است.

مقاله موسی خوش‌کلام خسروشاهی (۱۳۹۳) یکی از مهم‌ترین مطالعات داخلی است. این مقاله وجود اثرات بازگشتی درنتیجه بهبود ۱۰ درصدی کارایی مصرف بنزین و گازوئیل و اندازه‌گیری این اثرات و درصد تغییرات در سطح فعالیت هرکدام از زیربخشهای حمل‌ونقل را از طریق مدل CGE (که با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی ۱۳۸۵ استخراج شده است) بررسی می‌کند. در

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

مورد اثرات بازگشتی مشاهده شده که در مورد بنزین بیشترین اثرات بازگشتی مربوط به حمل‌ونقل جاده‌ای با ۲۷/۴۵ درصد است. رشته فعالیت‌های خدمات و سایر صنایع به ترتیب با اثرات بازگشتی ۲۵/۱۷ و ۱۹/۹ در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند.

خوش‌کلام خسروشاهی در مطالعه دیگری در سال ۱۳۹۴ به بررسی اثرات بازگشتی مربوط به بخش‌های اقتصادی و خانوارها درنتیجه ارتقای کارایی مصرف گازوئیل با همان مدل تعادل عمومی پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد تحت سه سناریو، ارتقای کارایی مصرف گازوئیل، باعث ایجاد اثرات بازگشتی در بخش‌های مختلف و خانوارها می‌شود.

دل انگیزان و همکاران (۱۳۹۵) اثر بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی بنزین و گازوئیل را در قالب مدل تعادل جزیی طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۳ برای بخش حمل‌ونقل با رویکرد اقتصادسنجی بررسی و نتیجه گرفته‌اند که اثر بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی بنزین ۶٪ است.

سلمانیان و همکاران (۱۳۹۶) اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی را با تأکید بر صنایع انرژی بر بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی در صنایع انرژی بر، به ایجاد اثر بازگشتی و کاهش تقاضای سوخت‌های فسیلی منجر می‌شود.

ساکت و کریمی (۱۳۹۷) در رابطه با اثر بازگشتی مصرف سوخت بنزین معتقد بودند به‌کارگیری یک روش منسجم و مبتنی بر نگاه سیستم حمل‌ونقل می‌تواند آثار اقتصادی مفیدی بر کشور داشته باشد؛ از همین رو با انتخاب روش نظریه بازی‌ها به بررسی موضوع پرداخته‌اند.

۲. اثر بازگشتی

مدل نظری اثر برگشتی مصرف بنزین

ذخیره بنزین در اثر مصرف انواع گوناگون خدمات انرژی تولید می‌کند و به دنبال توابع تقاضا برای آن‌ها شکل می گیرد. اگر هدف، مسافرت از طریق خودرو باشد اثر مصرف انرژی به اندازه G، شکل مسافت طی شده تعیین X حاصل می‌شود.

درنتیجه از نسبت X به G به‌صورت $E = \frac{X}{G}$ کارایی سوخت بنزین تعریف می‌شود. در این مسافرت تعیین نرخ کل سوخت انرژی برابر است با $P_g.G$ و به ازای هر واحد از مسافت طی شده برابر با $P_X = \frac{P_g.G}{X}$ بوده و هزینه هر واحد کیلومتر طی شده بر حسب مخارج سوخت بنزین و درنتیجه معادله $P_g.G = X.P_x$ به دست می‌آید که در آن تابع تقاضا برای سوخت بنزین به‌صورت

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

$G = G(p_x)$ و تابع تقاضا برای مسافت طی شده به‌صورت $X = X(p_X)$ خواهد بود. با استفاده از این تساوی کارایی سوخت بنزین به‌صورت نسبت $E = \frac{P_g}{p_x}$ به دست می‌آید و بدین ترتیب بر حسب ارزش بیان می‌شود. پس می‌توان نشان داد که اثر بهبود کارایی سوخت بر کشش مسافت طی شده نسبت به قیمت یا هزینه بر واحد از مسافت برابر با منفی کشش مسافت طی شده نسبت به کارایی سوخت است؛ لذا در این رابطه $-\mu_E(\mathrm{x}) = \mu_\mathrm{p} \times (P_x)$

که در آن کشش تقاضا برای مسافت طی شده، نسبت هزینه هر واحد از مسافت طی شده برابر $\mu_\mathrm{p} \times (P_x)$ بوده و کشش مسافت طی شده نسبت به کارایی سوخت یعنی $-\mu_E(\mathrm{x})$ است. برای اثبات این رابطه ابتدا تعریف کارایی سوخت را در نظر می‌گیریم تا به نتیجه مطلوب برسیم.

اثبات رابطه کارایی سوخت

برای اثبات از طرفین رابطه (مربوط به تعریف کارایی سوخت) لگاریتم گرفته، سپس با تقسیم طرفین نتیجه زیر حاصل خواهد شد:

$$1 = \frac{\Delta LogX(p_X)}{\Delta LogE} - \frac{\Delta LogG(p_g)}{\Delta LogE}$$

$$1 = \mu_E \times (p_X) - \mu_E G(p_g) \qquad \text{تعریف (۱)}$$

از طرف دیگر از طرفین رابطه $G = \frac{X(p_X)}{\varepsilon}$ نسبت به ε مشتق‌گیری کرده و نتیجه به صورت زیر می‌شود:

$$\frac{dG}{dE} = -\frac{1}{\varepsilon^2}.X(p_X) + \frac{1}{E}.\frac{dX(p_x)}{dp_x}.\frac{dp_x}{dE} \qquad \text{تعریف (۲)}$$

رابطه $P_X = \frac{p_g}{E}$ را در نظر گرفته، از طرفین آن نسبت به مشتق گرفته و نتیجه به‌دست‌آمده را در تعریف (۲) جایگزین کرده و بعد از خلاصه کردن نتیجه نهایی چنین خواهد شد:

$$\frac{dG}{dE} = -\frac{1}{E^2}.X(p_X) + \frac{1}{E}.\frac{dX(p_x)}{dp_x}.(-\frac{1}{E}p_G) \qquad \text{تعریف (۳)}$$

طرفین رابطه فوق را در $\frac{E}{G}$ ضرب کرده و بعد از خلاصه کردن رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\mu_E G + \mu_{p_x} X p_x = -1 \qquad \text{تعریف (۴)}$$

در رابطه فوق کشش $\mu_E G$ کشش مصرف بنزین نسبت به کارایی بوده و $\mu_{p_x} X p_x$ کشش قیمتی تابع تقاضای مسافت طی شده است. با تلفیق دو رابطه (۱) و (۴) نتیجه نهایی چنین خواهد شد.

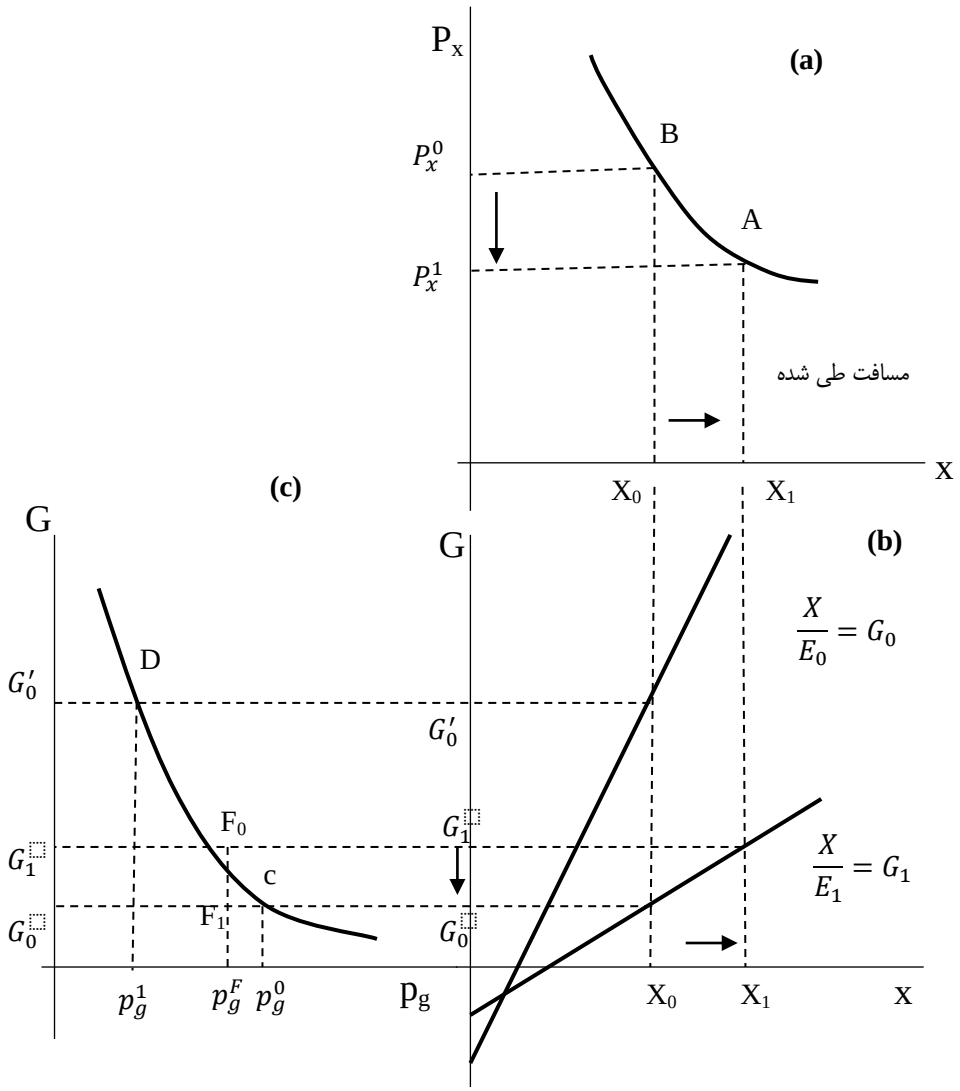
$$\mu_{p_x} X p_x = -\mu_E X p_x \qquad \text{تعریف (۵)}$$

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

در رابطه فوق تقاضا برای مسافت طی شده به‌وسیله خودرو مصرف‌کننده بنزین و یا گازوئیل تحت تأثیر نه‌تنها هزینه هر کیلومتر طی شده بوده، بلکه بهبود در مصرف سوخت اثر می‌گذارد. این آثار به‌وسیله حساسیت تقاضا برای مسافت طی شده اندازه‌گیری می‌شود. باید توجه کرد که مجموع این آثار مسافت طی شده باربر با صفر است؛ یعنی:

$$\mu_{p_x} X p_x + -\mu_E X p_x = 0$$

اثبات نموداری اثر بازگشتی



شکل ۱. اثر بازگشتی

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

برای بیان اثر بازگشتی از سه نمودار (a)، (b) و (c) استفاده شده است. در نمودار (a) منحنی تقاضا برای مسافت پیموده شده به‌وسیله خودرو رسم شده است؛ در نمودار (c) منحنی تقاضا برای سوخت بنزین تابعی از قیمت آن رسم شده است؛ در نمودار (b) منحنی کارایی سوخت رسم شده است که از نسبت مسافت طی شده به مقدار بنزین مصرف‌شده تعریف می‌شود. در دو قسمت اولیه یعنی کارایی سوخت برابر با E_2 و در قسمت ثانویه وقتی‌که در کارایی سوخت افزایش می‌کند، انتقال منحنی کارایی سوخت به قسمت پایین تغییر مکان می‌یابد. نتیجه این انتقال اول این است که بر اساس منحنی تقاضا برای مسافت طی شده نسبت به هزینه هر کیلومتر طی شده در نمودار (a) با افزایش مسافت طی شده از X_0 به X_1 هزینه هر کیلومتر طی شده از P_x^0 به P_x^1 کاهش یافته است. مطلب دوم این است که مصرف بنزین از G_0^1 به G_0 کاهش یافته است و آن را با فاصله $G_0^1G_0$ نشان می‌دهد. درحالی‌که مسافت طی شده در وضعیت قبل از تغییر برابر با X_0 ثابت بوده و متناظر با آن هزینه هر کیلومتر طی شده در P_x^0 حفظ شده است.

مطلب سوم این است که فاصله $G_0^1G_0$ اثر مستقیم در بهبود کارایی مصرف سوخت است. مطلب چهارم این است که در وضعیت بعد از تغییر و افزایش در کارایی سوخت به اندازه G_0G_1 افزایش یافته است و درنتیجه کاهش در مصرف سوخت برابر با $G_0^1G_0$ است. مطلب پنجم این است که اگر فرض کنیم ذخیره بالقوه انرژی وقتی که بهبود و افزایش در مصرف سوخت صورت می‌گیرد برابر با $G_0^1G_0$ باشد و افزایش در مصرف سوخت یعنی بنزین ناشی از کاهش هزینه هر کیلومتر نیست. در این صورت اثر بازگشتی به‌صورت زیر تعریف خواهد شد:

$$e = RE = \frac{G_0G_1}{G_0^1G_0} \times 100$$

می‌توان اثر بازگشتی را به وسیله رسم منحنی تقاضا باری سوخت بنزین نشان داد که در نمودار (c) رسم شده است. قبل از تغییر مسافت طی شده که X_0 بوده و هزینه هر کیلومتر طی شده را در قیمت اولیه P_x^0 و نقطه B روی منحنی مسافت طی شده و نسبت قیمت هر کیلومتر طی شده قرار گرفته است. در این وضعیت اولیه در نمودار (c) روی منحنی تقاضا برای سوخت بنزین نقطه D به نقطه C تغییر مکان یافته و به دنبال آن مصرف سوخت بنزین از G_0^1 به G_0 کاهش یافته است که آن را در فاصله $G_0^1G_0$ نشان می‌دهد و درنتیجه قیمت بنزین از P_g^0 به P_g^1 افزایش یافته است. با در نظر گرفتن رابطه $E = \frac{p_g}{p_x}$ چون p_x در p_x^0 ثابت بوده است ولی قیمت بنزین از p_g^1 به p_g^0 افزایش یافته

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

است درنتیجه بهبود کارایی انرژی از E_0 به E_1 افزایش می‌یابد. می‌توان نتیجه‌گیری کرد بهبود کارایی انرژی تأثیری در منحنی تقاضا برای مصرف سوخت بنزین ندارد[۱] . کاهش مصرف سوخت در منحنی تقاضا افزایش قیمت آن را به وجود آورد و چون در سطح اولیه مسافت طی شده قیمت ثابت و برابر بوده است به این جهت کارایی افزایش یافته است.

مدل کاربردی اثر بازگشتی

برای سنجش بهره‌وری اثر بازگشتی می‌توان از روابط زیر استفاده کرد؛ زیرا اثر هزینه هر کیلومتر طی شده نیز اثر بهبود، افزایش کارایی سوخت بنزین در مسافت طی شده به طور معکوس به هم مرتبط هستند؛ بنابراین از تعریف کشش مسافت طی شده نسبت به هزینه هر کیلومتر طی شده استفاده کرد و درنتیجه آن را به‌صورت زیر می‌توان نوشت:

$$b_1 = \mu_p X(p_x) = \frac{dLogX(p_x)}{dLogp_x}$$ رابطه (۱)

از رابطه فوق می‌توان تغییرات نسبی در تقاضا برای مسافت طی شده را به‌صورت زیر به دست آورد.

$$dLogX(p_x) = b_1 dLogp_x$$ رابطه (۲)

از رابطه (۲) انتگرال می‌گیریم در این صورت جمله خطا وارد تابع خواهد شد که آن را با U نشان می‌دهیم:

$$LogX(p_x) = b_0 + b_1 Logp_x + u$$ رابطه (۳)

با استفاده از رابطه $p_x.X(p_x) = p_g.G(p_y) = T_c(G)$ می‌توان p_x را از آن به دست آورد و در رابطه فوق قرار داد؛ زیرا هزینه هر کیلومتر طی شده را نمی‌توان بر اساس ارقام در نشریات آمار پیدا کرد تحت این شرایط رابطه (۳) به‌صورت زیر خواهد شد:

---

۱. نشان داده می‌شود که چگونه کشش مسافت طی شده نسبت هزینه هر کیلومتر می‌شود و نیز کشش مصرف سوخت بنزین نسبت به قیمت بنزین با هم برابر می‌شود. وقتی‌که بهبود و افزایش در کارایی مصرف سوخت بنزین ثابت باقی می‌ماند. اگر $X = EG$ و $E = \frac{p_g}{p_x}$ باشد، تحت این شرایط می‌توان تساوی بین دو نقش را به‌صورت زیر نشان داد.

$$\frac{d_X}{dp_x}.\frac{p_x}{X} = \frac{d(EG)}{d(\frac{p_g}{E})}.\frac{\frac{p_g}{E}}{E_c} = \frac{dG}{dP_g}.\frac{P_g}{G}$$

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

$$LogX(p_x) = b_0 + b_1 LogT_c - b_1 Logx(p_x) + u$$ رابطه (۴)

$$LogX = \frac{b_0}{1+b_1} + \frac{b_1}{1+b_1} LogT_c + \frac{u}{1+b_1}$$ رابطه (۵)

در رابطه فوق اثر بازگشتی برابر با $e = \frac{b_1}{1+b_1}$ است و اگر $e_0 = \frac{b_0}{1+b_1}$ باشد و $\varepsilon = \frac{u}{1+b_1}$ باشد، رابطه (۵) به‌صورت زیر خلاصه خواهد شد:

$$LogX = e_0 + e_1 LogT_c + \varepsilon$$ رابطه (۶)

چون ضریب e_1 اثر بازگشتی را نشان می‌دهد از طرف دیگر میزان تغییر در هزینه مصرف سوخت را در مسافت طی شده اندازه می‌کند؛ بنابراین ضریب نمی‌تواند مستقل باشد و تحت تأثیر عواملی مانند درآمد خانوار (y)، تعداد وسایل نقلیه (T)، تولید ناخالص سرانه $gop = \frac{GNP}{PoP}$ قرار می‌گیرد؛ البته باید توجه کرد غیر از این عوامل تعدادی از متغیرهای کیفی نیز مدنظر قرار گیرد. مثل خصوصیات خریداران و فروشندگان و رانندگان خودرو که مؤثر هستند ولی به خاطر نداشتن ارقام مربوط به آن‌ها در مدل حذف و درنتیجه مدل دوم که برآورد می‌شود به‌صورت زیر خواهد بود:

$$LogX = e_0 + e_1 LogT_c + e_2 Logy + e_3 LogT \quad + e_4 Loggop + \varepsilon$$ رابطه (۷)

۳. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی اثر بازگشتی غیر مستقیم ناشی از مصرف سوخت بنزین در کشور، ابتدا داده‌های مربوط به حمل‌ونقل شخصی دو خودرو تولید داخل (پراید و سمند) بر اساس مسافت‌های متفاوت در یک سال، بررسی شد. باید توجه داشت که صرف داشتن مصرف سوخت بنزین بر اساس مسافت طی شده، نمی‌تواند پاسخ کامل و مشخصی نسبت به روابط اثر بازگشتی ارائه کند؛ بنابراین باید سایر عوامل و میزان تأثیرگذاری آن‌ها در روابط نیز مورد بررسی قرار گیرد.

به منظور تعدیل مدل مورد بررسی و به منظور دستیابی به نتایجی نزدیک‌تر به واقعیت، عواملی مانند درآمد خانوار (Y)، تعداد وسایل نقلیه (T) و تولید ناخالص داخلی سرانه (GOP) نیز به عنوان عوامل مؤثر در کنار هزینه کل بنزین (Tc) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. درآمد خانوار با استفاده از داده‌های بانک مرکزی و مرکز آمار، تعداد وسایل نقلیه، میزان مسافت طی شده و مصرف بنزین با استفاده از داده‌های سالنامه حمل‌ونقل جاده‌ای کشور و تولید ناخالص داخلی سرانه با استفاده از داده‌های مرکز آمار استخراج شدند (باید توجه داشت که در داده‌های رسمی ارائه شده توسط بانک

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

مرکزی و مرکز آمار، تولید ناخالص ملی به صورت هزینه و با استفاده از هزینه ثابت نسبت به سال ۱۳۹۰ گزارش شده است).

در این پژوهش، داده‌های مربوط به سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۵ بر اساس موارد استخراج شده مورد بررسی قرار گرفته است که در هرسال کلیه کمیت‌های مشروحه با توجه به اعلام مراکز رسمی و دولتی متفاوت در نظر گرفته شده‌اند و خروجی برآورد مدل با استفاده از نرم‌افزار Eviews 9 در فصل چهارم به‌صورت مفصل ارائه شده است.

معرفی متغیرها

پس از آشنایی اجمالی با روش مدل‌سازی و پارامترهای مورد بررسی، متغیرهای مورد بررسی معرفی خواهند شد. تمامی داده‌ها با استفاده از پایگاه‌های دولتی و رسمی مانند سالنامه حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، مرکز آمار و بانک مرکزی برای بازه سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۹۵ استخراج شدند. در جدول (۱) نماد و تعریف مورد استفاده برای هر متغیر مشخص شده است.

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده

متغیر	نماد	توضیحات
مسافت طی شده	Distance	لگاریتم مسافت طی شده در سال برای تعداد سفر مشخص
هزینه سوخت	T_c	لگاریتم هزینه سوخت (هزینه سوخت = قیمت بنزین * مصرف بنزین)
درآمد خانوار	Y	لگاریتم میانگین درآمد خانوار در یک سال
تعداد خودرو	T	لگاریتم تعداد خودرو مورد بررسی در هرسال
تولید ناخالص ملی سرانه	GOP	لگاریتم تولید ناخالص ملی سرانه (GOP = GDP/POP)

بررسی مانایی متغیرها

در آزمون‌های مانایی، فرضیه صفر وجود ریشه یا همان نامانا بودن متغیر مورد بررسی است (به معنای اینکه متغیر دارای روند تصادفی است). در این پژوهش اگر احتمال (Prob) حاصل از آزمون کمتر یا برابر سطح معناداری ۰/۱ باشد، فرضیه صفر رد شده و متغیر مانا است. برای بررسی مانایی متغیرها از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته در نرم‌افزار Eviews استفاده شده است. نتایج مربوط به مانایی متغیرها در جدول (۲) آورده شده است.

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

جدول ۲. آزمون مانایی متغیرها

	Distance	T_c	Y	T	GOP
Prob	۰/۰۱۸	۰/۷۶	۰/۹۹۶	۰/۰۰۰	۰/۳۱۱
نتیجه	مانا	نامانا	نامانا	مانا	نامانا

مطابق جدول (۲)، برخی از متغیرها نامانا هستند که می‌توان با تفاضل‌گیری آن‌ها را به متغیرهای مانا تبدیل کرد. جدول (۳) نتایج آزمون مانایی برای تفاضل اول متغیرهای نامانا را نشان می‌دهد.

جدول ۳. آزمون مانایی تفاضل اول متغیرها

	T_C	Y	GOP
Prob	۰/۰۲۷	۰/۰۴۲	۰/۰۹
نتیجه	مانا	مانا	مانا

با توجه به نتایج فوق، مشخص است که متغیرهای مسافت طی شده و تعداد خودرو مورد بررسی، از ابتدا مانا بوده و متغیرهای هزینه سوخت، درآمد خانوار و تولید ناخالص ملی سرانه، از نوع متغیر مانا در تفاضل اول هستند.

هم‌انباشتگی

برای بررسی هم‌انباشتگی میان متغیرهای الگو، از روش یوهانسون استفاده می‌کنیم. در صورت بررسی بردارهای هم‌انباشتگی میان متغیرهای مدل، می‌توانیم از روش حداقل مربعات معمولی بهره ببریم. به منظور افزایش دقت نرم‌افزار و بررسی متنی، وجود هم‌انباشتگی میان مسافت طی شده و هزینه سوخت و درآمد با هم و وجود هم‌انباشتگی میان مسافت طی شده و هزینه سوخت و تولید ناخالص ملی سرانه با هم به صورت مجزا بررسی شدند که نتایج آن‌ها به ترتیب در جداول (۴) و (۵) قابل رؤیت است.

جدول ٤. بررسی هم‌انباشتگی میان مسافت، هزینه سوخت و درآمد

فرضیه صفر	فرضیه مقابل	Trace	حداکثر مقادیر ویژه
		Prob	Prob
عدم وجود بردار هم‌انباشتگی	وجود یک بردار هم‌انباشتگی	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
وجود حداکثر یک بردار هم‌انباشتگی	وجود دو بردار هم‌انباشتگی	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲
وجود حداکثر رو بردار هم‌انباشتگی	وجود سه بردار هم‌انباشتگی	۰/۳۶۸	۰/۳۶۸

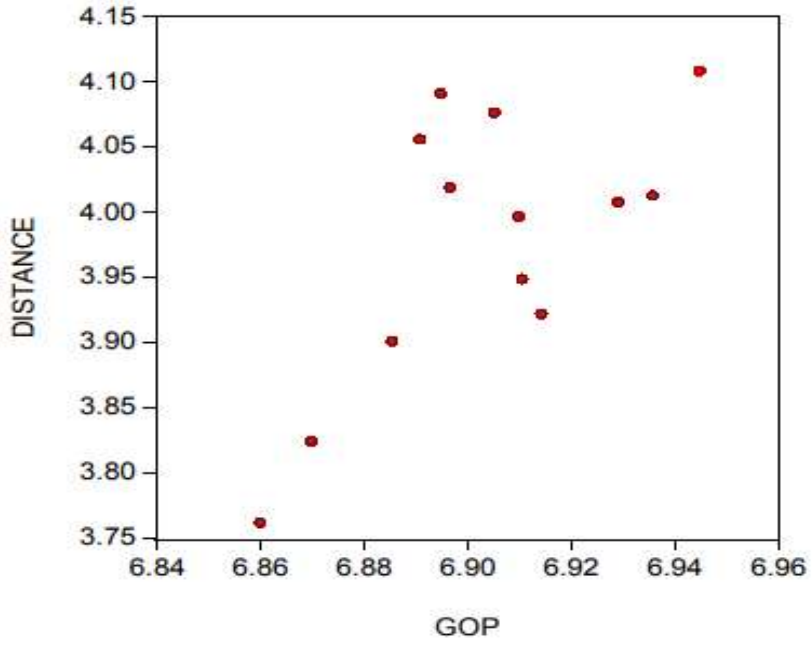
[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

جدول ۵. بررسی هم‌انباشتگی میان مسافت، هزینه سوخت و تولید ناخالص ملی سرانه

فرضیه صفر	فرضیه مقابل	Trace	حداکثر مقادیر ویژه
		Prob	Prob
عدم وجود بردار هم‌انباشتگی	وجود یک بردار هم‌انباشتگی	۰/۰۰۴	۰/۰۲۸
وجود حداکثر یک بردار هم‌انباشتگی	وجود دو بردار هم‌انباشتگی	۰/۰۵۹	۰/۲۲
وجود حداکثر رو بردار هم‌انباشتگی	وجود سه بردار هم‌انباشتگی	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳

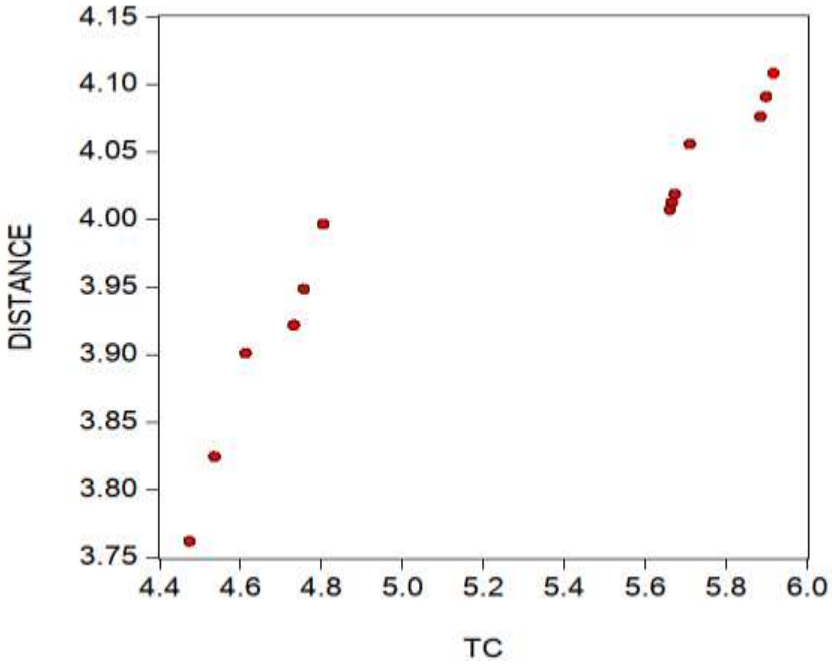
روند نموداری متغیرها

به منظور افزایش درک‌پذیری روند تغییرات متغیرها به نسبت متغیر وابسته (مسافت طی شده) در ادامه نمودارهای کمیت‌های مختلف مورد بررسی در مقابل مسافت طی شده آورده شده است.

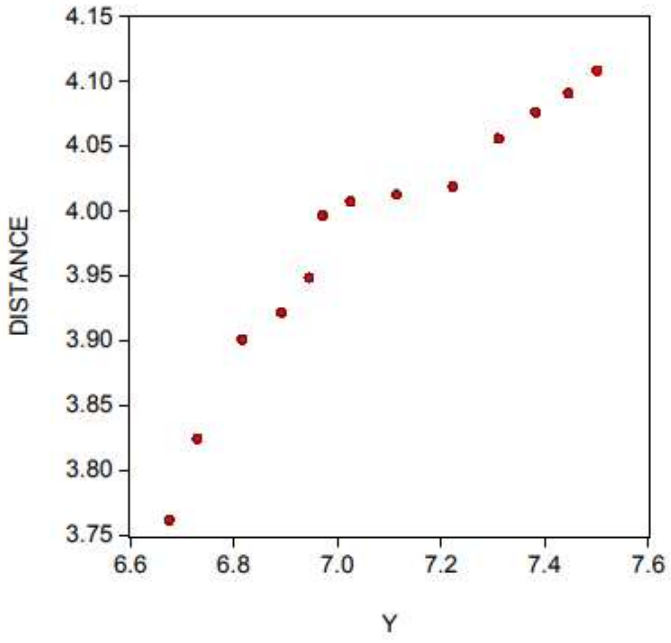


شکل ۲. لگاریتم مسافت طی شده در مقابل لگاریتم تولید ناخالص ملی سرانه

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

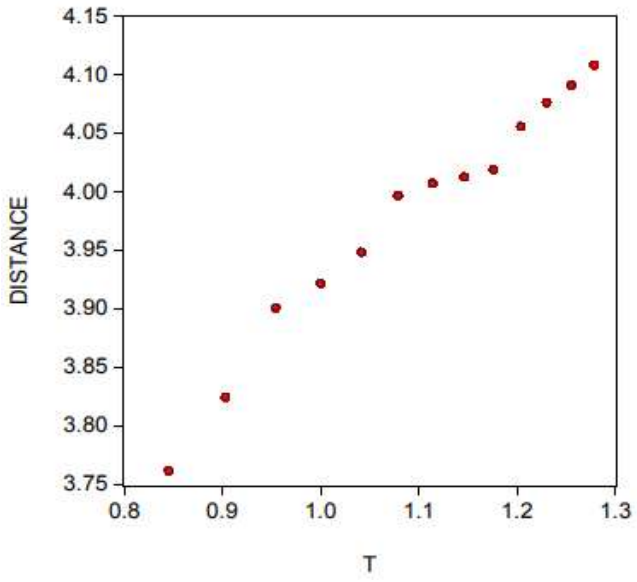


شکل ۳. لگاریتم مسافت طی شده در مقابل لگاریتم هزینه سوخت



شکل ٤. لگاریتم مسافت طی شده در مقابل لگاریتم درآمد خانوار

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]



شکل ۵. لگاریتم مسافت طی شده در مقابل لگاریتم تعداد خودرو

با توجه به توضیحات فوق و داده‌های به دست آمده از مراکز دولتی مانند مرکز آمار و بانک مرکزی، تخمین ضرایب مدل با استفاده از نرم‌افزار Eviews استفاده شد که نتایج آن در جدول (۶) آورده شده است.

جدول ٦. نتایج برآورد ضرایب مدل

	T_c	Y	T	GOP
ضریب	-۰/۰۴	-۰/۱۵	۱/۲	۰/۱۳
Prob	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۰۰	۰/۶
معنادار	هست	هست	هست	نیست

مطابق جدول نتایج، ضریب متغیر هزینه سوخت برابر ۰/۰۴- است و در سطح اطمینان ۹۰ درصد، معنی‌دار است. این بدین معنی است که کشش مسافت طی شده نسبت به هزینه سوخت برابر ۰/۰۴- است. درواقع میزان کشش ۰/۰۴- به این معنی است که باثبات سایر شرایط به ازا یک درصد کاهش هزینه سوخت، ۰/۰۴ ٪ افزایش مسافت طی شده خواهیم داشت؛ به عبارت دیگر، ۴ درصد از ذخایر بالقوه انرژی می‌توانستند در اثر افزایش کارایی صرفه‌جویی شوند. درواقع، ۹۶٪ از ذخایر انرژی که انتظار می‌رفت با بهبود کارایی صرفه‌جویی شوند در عمل ذخیره شده‌اند.

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

از طرفی دیگر، ضریب متغیر خودرو در سطح اطمینان مورد مطالعه، معنی‌دار و برابر با ۱/۲ است. این موضوع نشان می‌دهد با افزایش یک‌درصدی در تعداد خودرو، مسافت طی شده تقریباً با رشد ۱/۲ درصدی مواجه است. پارامتر درآمد خانوار، در مرز معناداری بوده و همچنین پارامتر تولید ناخالص ملی سرانه در سطح اطمینان مورد مطالعه معنادار نیست و مطابق این مدل، رابطه معناداری با مسافت طی شده ندارد.

٤. نتیجه‌گیری

از آنجایی که بنزین نقش مهمی در اقتصاد ایران و به‌ویژه بخش حمل‌ونقل جاده‌ای دارد و همچنین به دلیل میزان مصرف بالای آن، ضروری است تا تمهیدات جدی برای ارتقای کارایی در این بخش به قصد کنترل مصرف این سوخت اندیشیده شود.

نتایج بررسی وجود اثرات بازگشتی در این مطالعه نشان می‌دهد که میزان اثرات بازگشتی ناشی از بهبود مصرف بنزین ۴ درصد است؛ به عبارت دیگر به ازای یک درصد بهبود کارایی در مصرف بنزین ۰/۰۴ درصد افزایش پیمایش خودروها را داشته‌ایم؛ یعنی با افزایش ۱۰۰ درصدی در بهبود مصرف سوخت، ۴ درصد از ذخایر بالقوه بنزین دوباره مصرف شده است و ۹۶ درصد بنزین که انتظار می‌رفت با بهبود کارایی صرفه‌جویی شود، ذخیره شده است. در ایران به دلیل اینکه در دوره 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 این رو تقاضای بنزین در ایران کم‌کشش و میزان اثرات بازگشتی کوچک است.

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

منابع

- اسماعیل‌نیا، علی‌اصغر، اختیاری نیکچه، سارا. (۱۳۹۱). بررسی میزان اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*. ۹(۳۴). ۱۸۵-۲۱۳.
- دل‌انگیزان، سهراب، خانزادی، آزاد، حیدریان، مریم. (۱۳۹۵). برآورد و تحلیل اثرات بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران. *فصلنامه مطالعات اقتصاد کاربردی ایران*، ۶(۲۱). ۱۴۹-۱۷۲.
- ساکت، محمدجواد، کریمی، محمدصادق. (۱۳۹۷). بررسی موانع کاهش مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل خودروهای سبک ایران. *فصلنامه مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، ۸(۲۷). ۶۷-۸۸.
- سلیمانیان، زهره، برازان، فاطمه، موسوی، میرمحسین. (۱۳۹۶). اثرات بهبود کارایی سوخت‌های فسیلی در صنایع انرژی بر: رویکرد تعادل عمومی محاسبه پذیر پویا بین زمانی. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۶(۲۱). ۱۶۲-۲۰۰.
- مزرعتی، محمد. (۱۳۸۸). کتاب اقتصاد انرژی ۲: مدل‌سازی تقاضای انرژی در بخش حمل‌ونقل. چاپ اول. انتشارات پارس پیدورا.
- منظور، داود، ایمان، حقیقی، آقابابایی، محمدابراهیم. (۱۳۸۹). تحلیل اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصارف برق در ایران: الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*. ۸(۲۸).
- منظور، داوود، کهن هوش‌نژاد، روح‌الله. (۱۳۹۲). چشم‌انداز مصارف انرژی در بخش حمل‌ونقل. *نشریه علمی وزارت علوم*. ۲(۲۰). ۵۱-۶۵.
- میرزایی، سعید و همکاران (۱۳۸۸). کتاب اطلاعات حمل‌ونقل و انرژی کشور. چاپ یک. تهران. پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی.
- Ahmaidan, M. & Chitnis, M. & Hunt, L.C. (2007). Gasoline demand, Pricing policy and socialwelfare in Iran. Surrey Energy Economics Discussion Paper Series, SEEDS 117.
- Alshehabi, O. (2013). Modelling Energy and Labour Linkages: A CGE Approach with and application to Iran. *Economic modelling*. 35.88-89.
- Alves, D. & R. Bueno. (2003). Shortrun, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil, *Energy Economics*, 25, 191- 199.

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]

- Baltagi, B. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, Third ed., John
- Wiley & Sons Ltd, London.
- Chenga. Yung-Hsiang. (2015). Urban transportation energy and carbon dioxide emission reduction strategies. *Applied Energy*. 157. 953-973.
- Energy Information Administration. (2018). International Energy Outlook: World Petroleum and Other Liquid Fuels.
- Freire, J. (2011) Methods to empirically estimate direct and indirect rebound effect of energy-saving technological changes in households. *Ecological modelling*. 223(1). 32:40.
- Greening, L. A.; Greene, D. L. and Difiglio, C. (2000). Energy Efficiency and Consumption –the Rebound Effect - a Survey, *Energy Policy*, 28(6-7), 389-401.
- HYMEL, Kent M.; SMALL & Kenneth A. (2015). The rebound effect for automobile travel: Asymmetric response to price changes and novel features of the 2000s. *Energy.Economics*. 49: 93-103.
- International Monetary Fund, World Energy Outlook. (2018).
- Park, S.Y & Zhao, G. (2010). An estimation of U.S. gasoline demand: A smooth time- varyingcointegration approach, *Energy Economics*, 32, 110- 120.
- Pindyck, S.R. (1979). The structure of world energy demand.
- International Energy Agency (IEA), Transport, Energy and Co2, 2018.
- Zhou, M, Liu, Y, Feng, S, Liu, Y & Lu, Y. (2018). Decomposition of rebound effect, An energy – specific general equilibrium, analysis in the context of china, *Applied energy*. 221. 280-298.

[Downloaded from ejip.ir on 2025-08-14]