تاریخ دریافت: ۱۷ بهمن ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۱ اردیبهشت ۱۴۰۲ صفحات ۹۵ الی ۱۳۰

تخمین اثر بازگشتی انتشار دی‌اکسید کربن در بخش حمل‌ونقل ایران مبتنی بر سناریوهای مختلف افزایش کارایی مصرف انرژی

محمد صیادی

دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه خوارزمی، تهران، نویسنده مسئول

m.sayadi@khu.ac.ir

فرزانه مرادی

کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه خوارزمی، تهران

محمدرضا آریافر

کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه خوارزمی، تهران

چکیده : این تحقیق با تمرکز بر بخش حمل‌ونقل به برآورد اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی (بنزین و گازوئیل) بر انتشار دی‌اکسید کربن از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۸ می پردازد. برای برآورد کشش‌های توابع تقاضا از یک تابع تقاضای ایده‌آل (AIDS) و روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SUR) استفاده شده است. در سناریوی افزایش معادل ۲۰ درصد در کارایی انرژی، میزان اثر بازگشتی بنزین و گازوئیل کشور بین بازه ۶۵ تا ۷۳ درصد محاسبه شده است. به‌طور متوسط ۶۸ درصد از کاهش انتشار مورد انتظار (بالقوه) CO_2 به دنبال بهبود ۲۰ درصدی در کارایی انرژی (بنزین و گازوئیل) مجدداً بر اثر افزایش مصرف بیشتر بنزین و گازوئیل و افزایش انتشار دی‌اکسید کربن خنثی شده است. کاربرد مدل خودتوضیحی برداری با ضرایب متغیر در زمان (TVC-VAR) برای بررسی نحوه تأثیر متغیرهای توضیحی بر روی اثر بازگشتی نشان می‌دهد که ضرایب متغیرهای رشد شهرنشینی و رشد تعداد وسایط نقلیه در ناوگان در طی زمان مثبت و نوسانی بوده و تأثیر ضرایب متغیرهای قیمت حقیقی بنزین و قیمت حقیقی گازوئیل بر اثر بازگشتی در طی زمان منفی و نوسانی بوده است. کاهش قیمت حقیقی حامل‌های انرژی اثر بازگشتی را در طی زمان افزایش می‌دهد. تحلیل حساسیت نتایج نشان دهنده افزایش اثربخشی کارایی انرژی در نرخ‌های بالاتر است.

واژگان کلیدی: اثر بازگشتی، کارایی انرژی، تابع تقاضای تقریباً ایده‌آل(AIDS)، انتشار دی‌اکسید کربن

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۱-مقدمه

بخش حمل‌ونقل به عنوان یکی از زیربنایی‌ترین بخش‌های اقتصاد جوامع، با ارائه خدمات متعدد از جمله جابه‌جایی مواد اولیه و انرژی، انتقال کالای نیمه‌ساخته و نهایی به بازارهای مصرف و جابه‌جایی مسافر و بار، نقش مهمی در اقتصاد ایفا می‌کند. این بخش همچنین سهم زیادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد(اسماعیل‌نیا و اختیاری نیکجه، ۱۳۹۱). با توجه به آمار آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۲۲) IEA[۱]، بخش حمل‌ونقل یک چهارم کل مصرف نهایی انرژی جهان را به خود اختصاص داده و نزدیک به ۴۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش‌های مصرف نهایی انرژی را شامل می‌شود. فرآورده‌های نفتی به عنوان سوخت غالب در بخش حمل‌ونقل، بیش از ۹۰ درصد از کل مصرف انرژی در این بخش را شامل می‌شوند. از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹، افزایش تقاضا برای جابجایی مسافر و کالا منجر به این شد که بخش حمل‌ونقل بیشترین رشد را در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تمام بخش‌های مصرف نهایی انرژی داشته باشد. در سال ۲۰۲۰ به دلیل محدودیت‌های ناشی از همه‌گیری کرونا، مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل و انتشار متعاقب آن کاهش شدیدی داشت. هرچند در سال ۲۰۲۱، انتشار جهانی دی‌اکسید کربن در بخش حمل‌ونقل مجدداً افزایش یافت، به نحوی که از ۷/۱ گیگا تُن دی‌اکسید کربن در سال ۲۰۲۰، به ۷/۷ گیگا تُن نسبت به سال ۲۰۲۰ که تقاضای تحرک از این همه‌گیری بهبود یافته بود، رسید (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۲۲).

جدول (۱) مصرف فرآورده‌های نفتی بنزین و گازوئیل و میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از بخش حمل‌ونقل در طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. طی سال‌های مورد بررسی، افزایش مصرف بنزین و گازوئیل و همچنین افزایش میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف این حامل‌های انرژی افزایش قابل توجهی داشته است. با توجه به مصرف بالای گازوئیل و بنزین در ایران و انتشار آلاینده‌ها از جمله انتشار دی‌اکسید کربن لازم است سیاست‌های مؤثر برای کاهش رشد مصرف این فرآورده‌ها و انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از آن‌ها بکار گرفته شود. یکی

۱. International Energy Agency

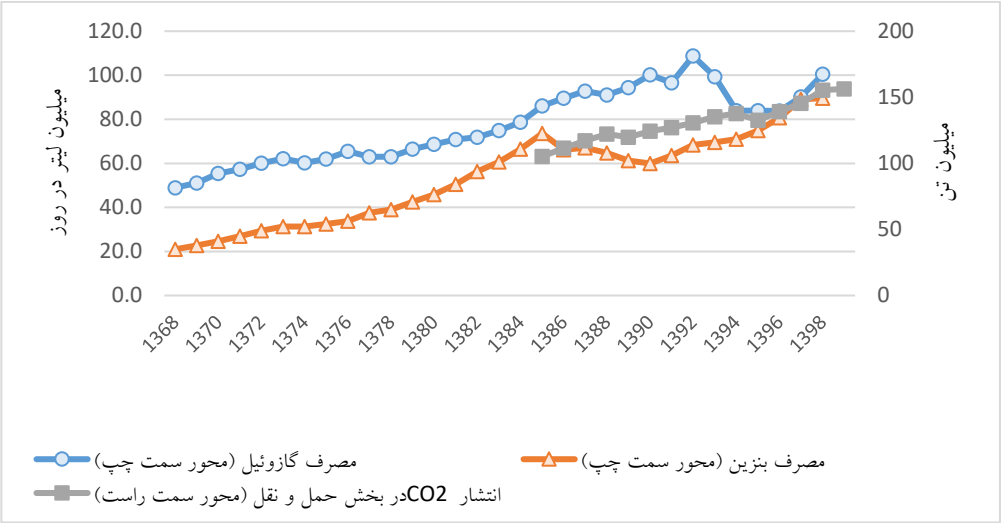
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

از این سیاست‌ها افزایش کارایی مصرف گازوئیل و بنزین در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده آن است.

این در حالی است که طبق ارزیابی آژانس بین‌المللی انرژی با بهبود کارایی انرژی، بطور متوسط تا سال ۲۰۵۰ انتشار گازهای گلخانه‌ای حدود ۴۰ درصد کاهش خواهد یافت. با این وجود، ذخیره واقعی انرژی که از بهبود کارایی انرژی حاصل می‌شود، معمولاً کمتر از میزانی است که انتظار می‌رود که دلیل این امر افزایش مصرف انرژی است که اثر بازگشتی [1]نامیده می‌شود (خوشکلام خسروشاهی، ۱۳۹۹). اثر بازگشتی در واقع زمانی پدید می‌آید که با افزایش بهبود کارایی انرژی، میزان تقاضا برای مصرف انرژی افزایش یابد و منجر به کاهش قابل توجهی در میزان اثرگذاری واقعی بهبود کارایی انرژی می‌شود که آن (اثر بازگشتی) را از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌کند. بنابراین می‌توان اثر بازگشتی را به‌مثابه بخش گمشده صرفه‌جویی انرژی (متعاقب بهبود کارایی انرژی) تعریف نمود که به‌واسطه افزایش مصرف انرژی خنثی می‌شود (خوشکلام خسروشاهی و صیادی، ۱۴۰۰). لذا برآورد اثر بازگشتی ناشی از ارتقای کارایی انرژی می‌تواند چراغ راهنمای مناسبی برای سیاستگذاران اقتصاد کشور در راستای اجرای دقیق‌تر سیاست بهبود کارایی انرژی و پرهیز از بیش‌برآورد در محاسبه مزایای سیاست‌های ارتقای کارایی انرژی شود.

[1]. Rebound Effect

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]



نمودار ۱- مصرف فرآورده‌های نفتی بنزین و گازوئیل و میزان انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) در بخش حمل‌ونقل ایران، منبع: ترازنامه انرژی ۱۳۹۸

نظر به اهمیت سنجش میزان اثر بازگشتی، تحقیق حاضر درصدد آن است که میزان اثر بازگشتی انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از انواع حامل‌های انرژی را در بخش حمل‌ونقل ایران برآورد کند. برای این منظور از یک تابع تقاضای ایده‌آل(AIDS)[۱]برای برآورد کشش‌ها و شبیه‌سازی کارایی انرژی استفاده می‌شود. برای برآورد تابع تقاضای AIDS از روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SUR)[۲] استفاده شده است.

سازماندهی تحقیق بدین‌صورت است که پس از مقدمه، در بخش دوم به تبیین مبانی نظری تحقیق پرداخته می‌شود. بخش سوم به مروری بر مهم‌ترین مطالعات پیشین اختصاص دارد. بخش چهارم به روش‌شناسی تحقیق می‌پردازد. بخش پنجم به تجزیه‌وتحلیل یافته‌های تجربی تحقیق اختصاص دارد و بخش ششم به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری می‌پردازد.

۱. Almost Ideal Demand System
۲. Seemingly Unrelated Regression (SUR)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۲- مبانی نظری

اثر بازگشتی نخستین بار توسط خازوم[۱] در سال ۱۹۸۰ مطرح گردید. وی نشان داد که کارایی انرژی لزوماً منجر به کاهش تقاضای انرژی نمی‌شود، بلکه می‌تواند منجر به افزایش خدمات انرژی شود. بروکس [۲] نیز بیان کرده است که بهبود کارایی انرژی منجر به رشد اقتصادی شده و رشد اقتصادی به نوبه خود باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود که به عنوان فرضیه خازوم – بروکس شناخته می‌شود (لین و ژاو[۳]، ۲۰۱۶). همانطور که مشهود است، تفکر رایج در رابطه با بهبود کارایی انرژی که باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود چندان درست نمی‌باشد زیرا با وجود اثر بازگشتی تأثیرگذاری واقعی بهبود کارایی انرژی کمتر خواهد بود.

۲-۱- اثر بازگشتی و اثر جانشینی و درآمدی

اثر بازگشتی به دو دسته کلی اثر بازگشتی مستقیم و اثر بازگشتی غیرمستقیم تقسیم می‌شود.

بهبود کارآیی انرژی منجربه افزایش تقاضای خدمات انرژی و در نهایت باعث افزایش مصرف خدمات انرژی می‌شود که این امر در واقع بیانگر اثربازگشتی مستقیم است که مانع ازکاهش مصرف انرژی مورد انتظار خواهد شد. از این رو می‌توان بیان کرد که اثر بازگشتی مستقیم با اثرات جانشینی مرتبط است. از طرف دیگر اثر بازگشتی غیر مستقیم بیانگر آن است که با افزایش کارآیی انرژی، قیمت خدمات انرژی کاهش یافته که این امر سبب افزایش درآمد واقعی مصرف‌کننده می‌شود که موجب افزایش تقاضای سایر کالاها و خدمات می‌شود و به دلیل آنکه برای تولید این دسته از کالاها و خدمات نیاز به نهاده انرژی بوده، مصرف انرژی افزایش خواهد یافت. از این رو می‌توان بیان کرد که اثر بازگشتی غیر مستقیم با اثر درآمدی در ارتباط است (محمدیان، ۱۴۰۰).

---

۱. Khazzoom
۲. Brookes
۳. Lin and Zhao

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

مجموع این دو اثر(اثر بازگشتی مستقیم و اثر بازگشتی غیرمستقیم)، اثر بازگشتی کل نامیده می‌شود (خوشکلام خسروشاهی و مهدوی، ۱۳۹۷). اثر بازگشتی را می‌توان ناشی از کاهش قیمت مؤثر انرژی که از بهبود کارایی انرژی نتیجه شده است و از اثرات جانشینی و درآمدی دانست. به عبارت دیگر افزایش بهبود کارایی انرژی منجر به کاهش قیمت خدمات انرژی خواهد شد که این مسأله اثر جانشینی را به همراه خواهد داشت. در نتیجه آن، تقاضا برای مصرف انرژی افزایش خواهد یافت. این نتیجه‌ی حاصل شده همان اثر بازگشتی مستقیم است که به‌طور مستقیم باعث کاهش میزان انرژی ذخیره شده ناشی از بهبود کارایی انرژی بوده است. همچنین کاهش قیمتی که از طریق بهبود کارایی انرژی رخ داده است درآمد واقعی مصرف‌کننده را افزایش داده که در واقع باعث بالا رفتن قدرت خرید مصرف‌کننده شده است و در نهایت تقاضا برای کالاها و خدماتی که بهبود کارایی انرژی در آن‌ها رخ نداده است اما در فرآیند تولید آن‌ها از انرژی استفاده شده، افزایش یافته است. این اثر به اثر بازگشتی غیرمستقیم مرسوم است.

لازم به ذکر است، کانال سومی نیز در ادبیات اثر بازگشتی تحت عنوان اثرات گسترده اقتصاد نیز وجود دارد که بر اساس آن، کاهش قیمت حقیقی خدمات انرژی، قیمت کالاهای واسطه‌ای و نهایی را کاهش می‌دهد که سبب یک سری تطبیق‌های جدیدی در قیمت‌ها و مقادیر تعادلی در اقتصاد می‌شود. همچنین افزایش کارایی انرژی رشد اقتصادی را بالا می‌برد که در نتیجه افزایش رشد اقتصادی نیز مصرف انرژی افزایش می‌یابد (گرینینگ و همکاران، ۲۰۰۰).

نظریات اقتصادی متعددی وجود اثرات بازگشتی را تأیید کرده‌اند ولی در مورد میزان عددی این اثر همچون سایر مشاهدات تجربی در اقتصاد، اختلاف‌نظرهای بسیاری وجود دارد. طبق مطالعات انجام شده، می‌توان اندازه‌ی اثرات بازگشتی را به صورت زیر بیان کرد(میزوباچی[۱]، ۲۰۰۸):

$$R = ۱ - \frac{AES}{PES} \qquad (۱)$$

۱. Mizobuchi

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

AES مقدار ذخایر واقعی انرژی و PES مقدار ذخایر بالقوه انرژی را نشان می‌دهد. معمولاً اندازه اثرات بازگشتی به صورت درصد بیان می‌گردد. بر طبق رابطه‌ی(۱) چهار احتمال در مورد اندازه اثرات بازگشتی وجود دارد:

۱. اگر R=۰ باشد، آنگاه AES=PES می‌باشد. در این صورت تمامی ذخایر بالقوه انرژی حفظ می‌شود.
۲. اگر R<۰ باشد، AES>PES می‌باشد. این حالت به مفهوم وجود تأثیر مثبت و فزاینده‌ی سیاست‌های اتخاذ شده بر بهبود کارایی انرژی و کاهش مصرف می‌باشد. مقدار ذخیره شده واقعی انرژی، مثبت و بیشتر از مقدار ذخیره شده مورد انتظار و بالقوه‌ی انرژی ناشی از اعمال سیاست و یا تغییر تکنولوژی است که در دنیای واقعی این حالت به‌ندرت اتفاق می‌افتد یا ممکن است اتفاق نیفتد.
۳. اگر ۱>R>۰ باشد، آنگاه ASE<PES است. اندازه اثرات بازگشتی، مثبت و مقدار ذخایر واقعی انرژی، کمتر از مقدار ذخایر بالقوه‌ی انرژی می‌باشد؛ یعنی تنها بخشی از هدف مورد انتظار، محقق شده است. به‌عبارت دیگر در این حالت، کاهش نهایی در تقاضای انرژی (به دنبال بهبود کارایی مصرف انرژی)کمتر از میزان کاهش انتظاری اولیه بوده و حالت رایج در نتایج مطالعات است و احتمال اینکه این مورد در دنیای واقعی رخ دهد، زیاد است.
٤. اگر R>۱ باشد، آنگاه AES<۰ است. این شرایط دلالت بر این دارد که ذخایر واقعی انرژی منفی می‌باشد. در این حالت تمام ذخایر بالقوه انرژی از دست می‌رود و افزایش کارایی نه‌تنها سبب کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها نمی‌شود، بلکه آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد. در این حالت سیاست افزایش کارایی نتیجه عکس می‌دهد و سبب دور شدن از هدف می‌شود. این حالت از اثر بازگشتی عموماً به اثر معکوس یا پارادوکس جونز یاد می‌شود(هرناندز و پیفار[۲]، ۲۰۰۹: ۱۱۷).

۲. Hernandez and Pifarre

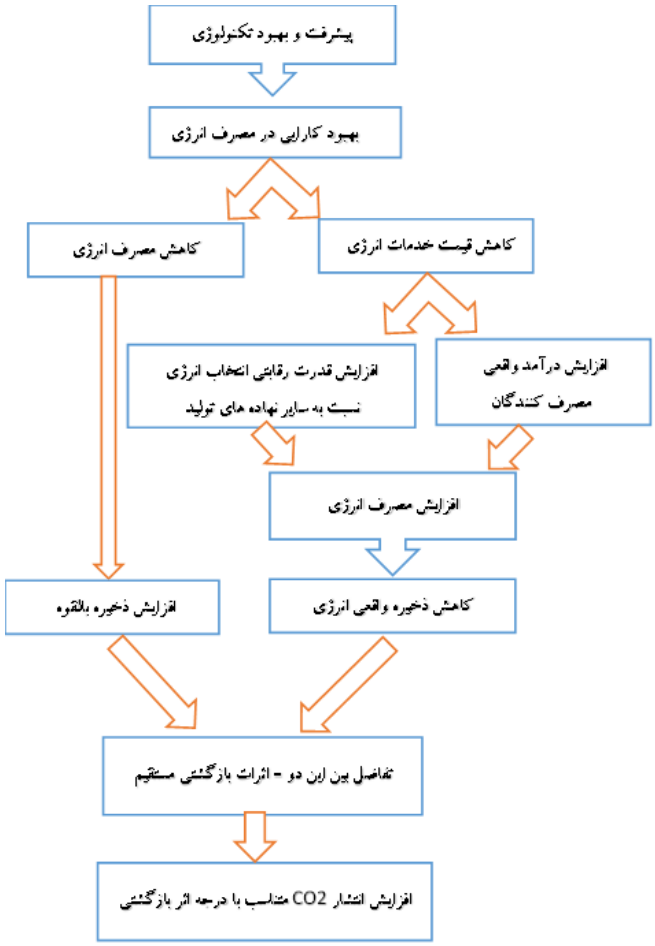
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۲-۲- اثرات بازگشتی و انتشار کربن

بهبود کارایی انرژی با کاهش قیمت خدمات انرژی که مورد نیاز مصـــرف‌کنندگان بوده را کاهش داده که این امر ممکن است باعث تحریک مصرف‌کنندگان به افزایش تقاضا و مصـــرف کالاهای انرژی در برابر ســـایر کالاها شـــود، در حالی که صـــرفه جویی در مصرف انرژی نیز می‌تواند برای افزایش مصرف انرژی و سایر کالاها استفاده شود. این اصـــلاحات رفتاری منجر به تغییرات قیمت در بازارهای انرژی و ســـایر کالاها می شـــود. ســـپس کل اقتصـــاد با تعدیل فعالیت‌های تولیدی، تخصـــیص مجدد منابع در بخش‌ها و مناطق، ایجاد فعالیت‌های نوآورانه برای انطباق با شرایط، به تغییرات قیمت پاسخ می‌دهد. بهبود کارایی انرژی و افزایش نیروی کار و تأمین ســـرمایه موثر برای اســـتفاده کامل از خدمات انرژی بالقوه با بهبود کارایی انرژی رخ می‌دهد و در نهایت مصرف انرژی نهایی و انتشار کربن مربوطه باید از وضعیت اولیه منحرف شود. برای آنکه بهبود کارایی انرژی بتواند به یک سیاست مؤثر برای کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط تبدیل شـــود، باید این نکته را مد نظر داشـــت که بهبود کارایی انرژی عمومی از طرف تقاضـا قابل قبول نیسـت زیرا این امکان وجود دارد که منجر به کاهش محدود در انتشـار گازهای گلخانه‌ای شود دلیل آن این است که سوخت‌های فسیلی که ارزان‌تر هستند، از انرژی‌های تجدیدپذیر ارزان‌تر می‌شـوند و در نهایت مصـرف سـوخت‌های فسـیلی نسـبتاً بیشتر می‌شود (وی و لیو[۱]، ۲۰۱۷).

[۱] Wei and Liu

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]



شکل ۱- مدل مفهومی کارکرد اثر بازگشتی در انتشار CO_2

۳- پیشینه تحقیق

۳-۱- مطالعات داخلی

منظور و آقابابائی (۱۳۹۰) با بهره‌گیری از یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر برای اقتصاد ایران به بررسی اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در مصارف برق در ایران و اندازه‌گیری شدت این اثرات و با فرض بهبود کارایی در مصارف برق در بخش‌های خانگی و تولیدی به صورت برون‌زا و بدون هزینه پرداخته‌اند. نتایج نشان‌دهنده‌ی آن است که در سناریوی پایه، بهبود

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

کارایی در مصارف برق به طور متوسط ۱۴/۲ درصد اثرات بازگشتی را به همراه دارد و همچنین بخش نفت و گاز با بالاترین میزان اثرات بازگشتی مواجه شده است.

شرزه‌ای و ابراهیم‌زادگان (۱۳۹۰) با استفاده از شبیه‌سازی افزایش کارایی انرژی و تابع تقاضای ایده‌آل در سه سناریو مختلف، اثر بازگشتی افزایش کارایی انرژی بر مصرف خانوارهای ایرانی و انتشار دی‌اکسید کربن را برآورد کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که در همه سناریوها افزایش کارایی انرژی، سبب افزایش مصرف برخی از کالاها و کاهش مصرف بقیه کالاها شده است که اثر بازگشتی برآورد شده تقریباً ۹۸ درصد می‌باشد.

اسماعیل‌نیا و اختیاری‌نیکجه (۱۳۹۱) میزان اثر بازگشتی بهبود راندمان خودروها را بر مصرف سوخت با استفاده از کشش قیمتی تقاضا برآورد می‌کنند. نتایج با استفاده از فرم تبعی لگاریتمی مضاعف برای سال‌های ۸۸-۱۳۵۵ نشان می‌دهد که اثرات بازگشتی بلندمدت بهبود راندمان خودروها در ایران حدود ۹ درصد ارزیابی شده است و ۹۱ درصد آن ذخیره شده است.

خوشکلام خسروشاهی (۱۳۹۴) اثرات بازگشتی ناشی از ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل را تحت سه سناریوی ارتقای کارایی ۱ درصدی، ۳ درصدی و ۱۰ درصدی در بخش‌های مختلف اقتصاد و خانوارهای مختلف با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۵، بررسی می‌کند. نتایج حاکی از آن است که تحت هر سه سناریو، ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل باعث ایجاد اثرات بازگشتی در بخش‌های مختلف و خانوارها می‌شود که بخش حمل‌ونقل ریلی بیشترین اثر بازگشتی را دارد.

دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۶)، در مطالعه‌ای به صورت تجربی و کمی برآورد اثرات بازگشتی مستقیم در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران با کمک اطلاعات استان‌های کشور از ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته و مدل مورد استفاده بهره‌گیری از محاسبه کشش قیمتی تقاضای سوخت که برای محاسبه کشش نیاز به فرم تبعی مدل است را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان‌دهنده‌ی آن است که اثرات بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین و نفت‌گاز به ترتیب ۶ و ۲ درصد بوده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۷)، به محاسبه‌ی اثر بازگشتی مستقیم CO_2 ناشی از بهبود مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل برای استان‌های ایران در طی دوره ۱۳۹۴-۱۳۸۵ پرداختند. نتایج حاکی از آن است که اثرات بازگشتی ناشی از سیاست حذف یارانه و افزایش قیمت سوخت دارای روند همگرا و نزولی بوده است.

خوشکلام خسروشاهی و صیادی (۱۴۰۰)، به برآورد اثر بازگشتی صنایع به تفکیک صنایع سنگین و سبک در دوره زمانی ۱۳۷۴-۱۳۹۸با روش داده‌های پانل پرداختند. نتایج نشان داده است که متوسط اثر بازگشتی صنایع سنگین برابر با ۳/۱۲ درصد و برای صنایع سبک برابر با ۱/۷۱ درصد است که سهم جزء تولیدی اثر بازگشتی هم برای صنایع سنگین و هم برای صنایع سبک بیشتر از سهم جزء جانشینی بوده و به ترتیب برابر با ۷۹/۶٪ و ۹۳/۴٪ است.

۳-۲- مطالعات خارجی

وست[۱] (۲۰۰۴) به بررسی اثرهای توزیع سیاست‌های کنترل آلودگی خودرو با استفاده از نمونه‌گیری آماری مخارج مصرف‌کننده‌ی آمریکا پرداخته است. از داده‌های مقطعی تنها یک سال (۱۹۹۷) استفاده شده است که به وسیله اطلاعات کارایی سوخت خودرو تکمیل شده است. اثر بازگشتی مستقیم پیشنهاد شده توسط این مطالعه ۴۰٪ برآورد شده است.

برین‌لوند و دیگران[۲] (۲۰۰۷) اثر بازگشتی افزایش کارایی انرژی را با فرض اثر پیشرفت تکنولوژی برون‌زا بر مصرف خانوارها و انتشار آلاینده‌های دی‌اکسید کربن، دی‌اکسیدسولفور و اکسیدهای نیتروژن در سوئد برآورد کردند و از طریق شبیه‌سازی افزایش کارایی انرژی و تابع تقاضا تقریباً ایده‌آل، اثر بازگشت را در سه سناریو متفاوت به دست آوردند. در این مقاله سه سناریو در نظر گرفته شده در سناریو اول، افزایش کارایی انرژی در بخش حمل‌ونقل و اثر بازگشت‌ها به‌ترتیب، ۷/۵٪، ۴/۱٪ و ۷/۹٪ برای دی‌اکسید کربن، دی‌اکسیدسولفور و اکسیدهای

۱. West
۲. Brannlud et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نیتروژن می‌باشد. در سناریو دوم افزایش کارایی انرژی در بخش مسکن و اثر بازگشت‌های ۴٪، ۷٪، ۱۰٪ و ۴۷٪ درصد برای دی‌اکسید کربن، دی‌اکسیدسولفور و اکسیدهای نیتروژن به دست آمده است. و در سناریو سوم کارایی در هر دو بخش افزایش می‌یابد که اثر بازگشتی دی‌اکسید کربن، دی‌اکسیدسولفور و اکسیدهای نیتروژن به ترتیب ۱۵٪، ۱۶٪، ۱۳٪ درصد می‌باشد.

میزوباچی[۱] (۲۰۰۸) با پیروی از الگوی اثر بازگشتی هنلی[۲] (۱۹۸۸) و در نظر گرفتن هزینه‌های سرمایه‌ای اثر بازگشتی افزایش کارایی انرژی در بخش خانوارهای ژاپن را برآورد کرده است. نتایج برآورد حاکی از آن است که با در نظرگرفتن هزینه‌های سرمایه، اثر بازگشت ۲۷٪ و بدون در نظرگرفتن هزینه‌های سرمایه اثر بازگشت ۱۱۵٪ و به طور معناداری مخالف صفر است.

اوهارا[۳] (۲۰۱۲) با استفاده از اطلاعات مصرف برق خانوارها در آمریکا طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۶، اثر بازگشتی مستقیم را به طور غیرمستقیم و با استفاده از کشش‌های قیمتی برآورد نمود. نتایج حاکی از تغییر مسیر سیاستگذاران حفاظت از انرژی در راستای تحمیل استانداردهای دقیق‌تر لوازم به سمت استانداردهایی مانند دستورالعمل ساختمان‌ها که به اثر بازگشتی قابل توجهی ندارند؛ بوده است.

جاشوا لین[۴] (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان، اثرات بازگشتی برای وسایل نقلیه‌ی مسافربری به بررسی اثرات بازگشتی با روش حداقل مربعات معمولی (OLS) در آمریکا پرداخته و برای این منظور از ۳ فرض اساسی استفاده کردند: ۱. سوخت خودروها با ویژگی‌های وسایل نقلیه همبستگی ندارد. ۲. سوخت خودروها با ویژگی‌های مخصوص هر خانوار همبستگی ندارد. ۳. اثر قیمت بنزین در میزان مسافت طی شده هر خودرو با اثر سوخت رابطه‌ی معکوسی دارد. با اعمال این فرضیات اثر بازگشتی به اندازه‌ی ۰/۲-۰/۴ درصد برآورد شده است.

---

۳. Mizobuchi
٤. Henly’s Rebound Formulation
۱. O’Hara (۲۰۱۲)
۲. Joshua Linn

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

لین و لیو[۱] (۲۰۱۳) به بررسی اثر بازگشتی مصرف برق مسکونی با توجه به اصلاح تعرفه برق و همچنین اثر تعدیل تعرفه برق مسکونی را روی اثر بازگشتی مصرف برق مسکونی در چین، با تقریب خطی مدل سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل پرداختند. نتایج نشان‌دهنده‌ی آن است که اثر بازگشتی به طور تقریبی ۱۶۵/۲۲ درصد است.

ژانگ و همکاران[۲](۲۰۱۵) به برآورد اثرات بازگشتی مستقیم انرژی برای حمل‌ونقل جاده‌ای با استفاده از رگرسیون چندک پانل دیتا و برای ۳۰ استان چین در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۲-۲۰۰۳ پرداخته‌اند. نتایج تجربی این مطالعه نشان می‌دهد که اثرات بازگشتی مستقیم در کوتاه و بلندمدت به ترتیب ۲۵/۵۳ و ۲۶/۵۶ درصد می‌باشد.

مشیری و علی‌یِو[۳](۲۰۱۷) با استفاده از مدل‌های برآوردی AIDS و QUAIDS به ارزیابی اثر بازگشتی مستقیم برای بخش حمل‌ونقل شخصی در کانادا با استفاده از داده‌های بودجه خانوار در دوره ۲۰۰۹-۱۹۹۷ پرداختند که نتایج حاکی از آن است که اثر بازگشتی نسبتاً بالا بین ۸۲ تا ۸۸ درصد اما با ناهمگنی معنادار بین گروه‌های درآمدی، استان‌ها و قیمت‌های مختلف بنزین وجود دارد و اثر بازگشتی در محدوده ۶۳ تا ۹۶ درصد بین گروه‌های درآمدی و استان‌ها با افزایش قیمت بنزین، افزایش می‌یابد.

ژانگ و همکاران[۴] (۲۰۱۷)در مطالعه‌ای تحت عنوان، اثر بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم CO_2 برای خودرو شخصی در چین، اثر بازگشتی CO_2 را با استفاده از یک تابع تقاضا تقریباً ایده‌آل دو مرحله‌ای برآورد کرده‌اند، سپس از یک مدل داده‌های پنلی برای تحلیل عوامل مؤثر بر آن استفاده می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد، در ابتدا، انتشار گاز دی‌اکسید کربن توسط اتومبیل‌های شخصی دارای اثر حفاظت کل[۵]، اثر برگشت جزئی و اثر احتراق ناقص[۶] در استان‌های چین می‌باشد. اثر

---

۳. Lin and Liu
٤. Zhang et al
٥. Moshiri and Aliyev
٦. Zhang et all
۱. Super Conservation Effect.
۲. Backfire Bffect.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

بازگشتی مستقیم دی‌اکسید کربن در اکثر استان‌ها نقش غالب در اثر بازگشتی کل بازی می‌کند و در پایان هزینه‌ی خانوارها و تراکم جمعیت به ترتیب اثرات منفی و مثبت در اثر برگشتی کل CO_2 در خودروهای شخصی چین دارد.

شائو و همکاران [۱](۲۰۱۹) به تخمین اثر بازگشتی که ناشی از بهبود تکنولوژی در شهر شانگهای چین با بهره‌گیری از یک رویکرد فضا-حالت پرداختند که نتایج نشان می‌دهد، در دوره ۲۰۱۶-۱۹۹۱ متوسط اثر بازگشتی در کل اقتصاد و صنایع در شانگهای برابر ۹۳٪ و ۷۳٪ بوده است.

منگ و لی [۲](۲۰۲۲) در استان‌های چین طی دوره ۲۰۱۸-۲۰۰۹ با استفاده از یک مدل مرزی تصادفی به ارزیابی اثر بازگشتی مستقیم مربوط به مصرف برق در استان‌های کشور چین طی دوره ۲۰۱۸-۲۰۰۹پرداخته‌اند. نتایج تجربی نشان داده است که سطح متوسط اثر فوق تا ۷۵/۲۱ درصد بوده است. همچنین نتایج بیانگر آن است که اثر بازگشتی در مناطق شرقی و مرکزی به ترتیب برابر با ۹۲٪ و ۷۹٪ بوده و در مناطق غربی برابر با ۴۷٪ می‌باشد.

ژنگ و همکاران[۳](۲۰۲۲) با بهره‌گیری از ایده‌ی "یادگیری از طریق انجام" یک مدل اثر بازگشتی در چارچوب نظریه‌ی رشد درون‌زا و همچنین با کمک روش حداقل مربعات غیرخطی به برآورد اثر بازگشتی بخش حمل‌ونقل در طی دوره‌ی ۲۰۱۷-۲۰۰۳ در ۳۰ استان چین پرداختند. نتایج حاکی از آن است که میانگین اثر بازگشتی کوتاه‌مدت در بخش حمل‌ونقل چین ۸۲ ٪ است و میانگین اثر بازگشتی بلندمدت ۱۲۳ ٪ است. همچنین از منظر مکانیکی، اثر بازگشتی بخش حمل‌ونقل چین درجه اول توسط جایگزینی عامل هدایت می‌شود و اثر جایگزینی حاصل ۸۶٪ به اثر بازگشتی کمک می‌کند.

اولاه و همکاران [۴](۲۰۲۲) با استفاده از داده‌های سری زمانی و همچنین با بهره‌گیری از توابع تولید مجموع کاب-داگلاس (C-D) و کشش ثابت جایگزینی (CES) برای یافتن مقادیر اثر

[۱] Shao et al
[۲] Meng and Li
[۳] Zheng et al
[۴] Ullah et al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

بازگشتی انرژی به بررسی تأثیر کارایی انرژی بر مصرف انرژی بخش حمل‌ونقل در پاکستان از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۸ پرداختند. نتایج در مورد تابع C-D نشان داده است که۲٪ در کوتاه‌مدت و حدود ۳۶٪ در بلندمدت مقدار بسیار کمی از اثر بازگشتی بوده و حدود ۷۰٪ بازگشتی انرژی، ۶۳٪ شدت انرژی و ۷٪ اثر خروجی در بخش حمل‌ونقل پاکستان در بلندمدت با استفاده از تابع CES بوده است.

٤- روش‌شناسی و داده‌های تحقیق

این بخش از تحقیق به روش‌شناسی تحقیق و معرفی داده‌های تحقیق می‌پردازد.

٤-١- تابع تقاضای تقریباً ایده‌آل (AIDS)

الگوی سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل را اولین بار دیتون و مولبائر در سال ۱۹۸۰ معرفی کردند معادله آن به صورت زیر است:

$$W_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} \ln p_{jt} + \beta_i (\ln x_t - \ln p_t) \qquad (۲)$$

در رابطه (۹) w_{it} سهم مخارج اختصاص داده شده بر روی سوخت‌ها در سال tام می‌باشد. p_{jt} بیانگر قیمت سوخت‌ها در سال tام ، $\ln X_t$ لگاریتم مخارج روی سوخت‌ها $\ln P_t$ لگاریتم شاخص قیمت است. $\alpha_.$ و γ_{ij} و β_i ضرایب مدل می‌باشند. لگاریتم شاخص قیمت را می‌توان از روابط زیر به دست آورد:

$$log\, p = a_. + \sum_k a_k p_k + \tfrac{1}{2} \sum_j \sum_k \gamma_{kj} log\, p_j log\, p_k \qquad (۳)$$

شاخص قیمت مطرح شده در رابطه فوق بر حسب ضرایب غیرخطی بوده و سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل غیرخطی را تشکیل می‌دهد که برآورد ضرایب آن مستلزم استفاده از روش‌های غیرخطی است که خود نیازمند آمار و اطلاعات کافی می‌باشد. اگر از شاخص قیمت استون استفاده شود تخمین‌های خطی وجود خواهند داشت و مدل AIDS غیرخطی به مدل AIDS خطی تبدیل می‌شود می‌توان با استفاده از روش‌های خطی آن‌ها برآورد کرد شاخص قیمت استون در یک سال مشخص از رابطه زیر به دست می‌آید:

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

$$log\, p = \sum_i w_i\, log\, p_i \qquad (۴)$$

رابطه (۴) بیان می‌کند شاخص قیمت استون از میانگین وزنی شاخص قیمتی سوخت‌ها به دست می‌آید وزن هر کدام از کالاها برابر سهم نسبی هر کدام از سوخت‌ها از مخارج مصرف‌کنندگان می‌باشد. در این تحقیق از میانگین وزنی شاخص قیمت سوخت‌ها استفاده شده است. از آنجایی‌که در مدل AIDS سهم سوخت‌ها از مخارج به عنوان متغیر وابسته می‌باشد. لذا باید برای محاسبه کشش‌های قیمتی، متقاطع و ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی از روابط مشخصی استفاده نمود. در زیر فرمول‌های محاسبه این کشش‌ها بیان شده است:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ii}}{w_i} - \beta_i - ۱ \qquad (۵) \quad \text{کشش قیمتی}$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{w_i} - \beta_i(\frac{w_i}{w_j}) \qquad (۵) \quad \text{کشش متقاطع}$$

بعد از ارائه مدل AIDS و چگونگی محاسبه کشش‌های قیمتی در قسمت بعدی با استفاده از شبیه‌سازی تغییر در قیمت سوخت‌ها در نتیجه افزایش کارایی انرژی محاسبه خواهد شد.

٤-۳- شبیه‌سازی کارایی انرژی

برای نشان دادن چگونگی تأثیر پیشرفت تکنولوژی(افزایش کارایی انرژی)، که به‌صورت برون‌زا در نظر گرفته شده است، بر مصرف سوخت‌ها و انتشار دی‌اکسید کربن از شبیه‌سازی استفاده می‌شود. همانطور که توضیح داده شد، بهبود تکنولوژی سبب می‌شود هزینه که صرف انرژی می‌شود کاهش یابد و در نتیجه افزایش کارایی منجر به کاهش قیمت انرژی شود. درصد افزایش کارایی انرژی برای سوخت iام با γ_i نشان داده می‌شود. با استفاده از شبیه‌سازی قیمت سوخت iام بعد از افزایش کارایی به صورت زیر می‌باشد:

$$p_i^{۱} = p_i(۱ - \gamma_i) \qquad (۶)$$

در رابطه بالا $p_i^{۱}$ نشان‌دهنده‌ی قیمت سوخت iام بعد افزایش کارایی و p_i قیمت سوخت iام قبل افزایش کارایی انرژی می‌باشد. رابطه (۶) را می‌توان به صورت رابطه‌ی (۷) بازنویسی کرد. رابطه زیر

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نشان می‌دهد که کاهش قیمت سوخت iام بر حسب درصد با منفی کارایی انرژی افزایش‌یافته‌ی سوخت مورد نظر برابر است(شرزه‌ای و ابراهیم‌زادگان، ۱۳۹۰).

$$\frac{\Delta p_i^{\backprime}}{p_i} = -\gamma_i \qquad (۷)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، همه موارد مورد نیاز برای محاسبه و برآورد اثر بازگشت قابل دسترسی می‌باشد.

٤-٤ مدل خودتوضیحی برداری با ضرایب متغیر در طول زمان (TVC-VAR)

مطابق روشی که ژانگ و همکاران (۲۰۱۷)[۱] برای بررسی نحوه تأثیرگذاری متغیرهای توضیحی بر اثر بازگشتی و اتخاذ روش‌شناسی متفاوت با مطالعه مذکور، از یک الگوی خودتوضیحی برداری متغیر در طول زمان برای این منظور بکار گرفته شده است. لازم به ذکر است، مدل‌های مرسوم خودتوضیحی برداری (VAR) ضریب ثابتی را برای کل دوره زمانی محاسبه می‌کنند. این در حالی است که این فرض عموماً برای روابط اقتصادی صحیح نیست. در حالی که مدل TVCVAR قادر است تا تغییرات ضرایب متغیرهای توضیحی را به صورت متغیر در طول زمان در نظر بگیرد. بر این اساس مدل رگرسیونی (۸) برای استفاده در فرم مدل TVCVAR بکارگرفته شده است.

مبنای نظری ورای مدل تصریح شده فوق آن است که فرض می‌شود، شکل‌گیری اثر بازگشتی از منشأهای مختلف قابل ردیابی است. یکی از منشأها می‌تواند به سیگنال قیمتی که مصرف‌کننده در مصرف انرژی (بنزین و گازوئیل) دریافت می‌کند، مرتبط باشد. برای این منظور قیمت حقیقی حامل‌های بنزین و گازوئیل در نظر گرفته شده است. تغییر ساختار جمعیتی و رشد شهرنشینی نیز می‌تواند بر روی میزان اثر بازگشتی مؤثر باشد و در نهایت، رشد ناوگان حمل و نقل و نیز افزایش تعداد وسایط نقلیه نیز می‌تواند امکان تقاضای بیشتر حامل انرژی و احتمالاً اثر بازگشتی بیشتر را موجب شود.

[۱] . Zhang and et. al. (۲۰۱۷)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

$$Ln(RE) = \beta_{1,t} + \beta_{2,t}.Ln(PGasoline) + \beta_{2,t}.Ln(PGasoil) + \beta_{3,t}, Ln(Urbang) + \beta_{4,t}.Ln(Carg) \quad (8)$$

که درآن RE اثر بازگشتی (به صورت درصد)، $PGasoline$ قیمت حقیقی بنزین (قیمت اسمی بنزین تقسیم بر شاخص قیمتی مصرف‌کننده)، $PGasoil$ قیمت حقیقی گازوئیل (قیمت اسمی گازوئیل تقسیم بر شاخص قیمتی مصرف‌کننده)، $Urbang$ رشد شهرنشینی و $Carg$ رشد تعداد وسایط نقلیه در ناوگان حمل و نقل کشور است. داده‌های متغیر اثر بازگشتی از محاسبات تحقیق بدست آمده است، قیمت‌های حقیقی بنزین و گازوئیل نیز از آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی شرکت ملی پالایش و پخش استخراج شده است. آمار رشد شهرنشینی و رشد تعداد وسایط نقلیه از سایت www.nationmaster.com گردآوری شده است.کلیه متغیرها به صورت لگاریتمی وارد مدل شده‌اند. لازم به ذکر است، به دلیل محدودیت داده‌ای تحقیق، برآورد برای دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ صورت گرفته است.[1]

برای برآورد مدل AIDS و محاسبه کشش داده‌های متغیرهای زیر مورد نیاز است:

- ❖ مخارج روی سوخت‌ها

آمار مربوط به مخارج را از طریق ضرب مصرف سوخت‌ها در قیمت سوخت‌ها به دست آورده.آمار مربوط به مصرف سوخت‌ها را از آمارنامه سال ۱۳۹۸ که توسط معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی منتشر می‌شود به دست آمده است.

- ❖ سهم هر سوخت از مخارج

با توجه به این که آمار مربوط به سهم مخارج هر سوخت منتشر نمی‌شود اطلاعات مربوط به این متغیر را محاسبه شده است.

[1] . علاوه بر این، با توجه به اینکه هدف از ارائه نتایج در این بخش، تحلیل توابع ضربه- واکنش و نیز تجزیه واریانس نبوده است، لذا خروجی آن‌ها نیز گزارش نشده و صرفاً تغییرات ضرایب در طول زمان متغیرهای توضیحی مدل مد نظر بوده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

❖ قیمت سوخت‌ها

داده‌های مربوط به قیمت سوخت‌ها را از آمارنامه سال ۱۳۹۸ که توسط شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران منتشر شده به دست آمده است.

❖ ضریب انتشار دی‌اکسید کربن

داده دیگری که مورد نیاز است ضریب انتشار دی‌اکسید کربن است که آمار آن از طریق تقسیم انتشار دی‌اکسید کربن بر مصرف به دست می‌آید. برای محاسبه میزان انتشار دی‌اکسید کربن اولیه و بدون در نظر گرفتن افزایش کارایی ابتدا از طریق رابطه (۹) ضریب انتشار برای سوخت‌ها محاسبه می‌شود:

$$\text{ضریب انتشار} = \frac{\text{انتشار دی اکسید کربن}(CO2)\ \text{سوخت‌ها}}{\text{مصرف سوخت‌ها}} \qquad (۹)$$

با توجه به این‌که آمار انتشار دی‌اکسید کربن برای سوخت‌ها در بخش حمل‌ونقل موجود نیست، برای محاسبه انتشار دی‌اکسید کربن آن، از طریق ضریب انتشار عمل می‌کنیم. به این‌گونه که ابتدا ضریب انتشار سوخت‌ها را با آمار کلی به دست می‌آوریم بعد در ادامه میزان انتشار دی‌اکسید کربن هر سوخت از طریق مصرف آن در بخش حمل‌ونقل محاسبه می‌شود. در ادامه نیز سهم نسبی انتشار هر سوخت محاسبه می‌شود.

اندازه اثرات بازگشتی انتشار را می‌توان به صورت رابطه‌ی (۱۰) بیان کرد:

$$R = ۱ - \frac{AES}{PES} \Rightarrow R = \frac{PES-AES}{PES} \qquad (۱۰)$$

که AES سطح واقعی انتشار دی‌اکسید کربن با در نظر گرفتن تمامی اثرات (درآمدی و جانشینی) و PES سطح بالقوه‌ی انتشار دی‌اکسید کربن (منظور تغییر نسبت به سطح اولیه انتشار دی‌اکسید کربن (ES) است) بدون در نظر گرفتن اثر درآمدی و جانشینی انرژی را نشان می‌دهد. به منظور محاسبه اثر بازگشتی رابطه بالا را به صورت رابطه زیر نشان داد. در ادامه اثر بازگشتی را با تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن نموده و از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$R = \frac{\Delta E_۱}{\Delta E_۰} \times ۱۰۰ \qquad (۱۱)$$

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

که در رابطه (۲۲) ΔE_1 میزان تغییر انتشـــار دی‌اکســـید کربن با افزایش کارایی بدون در نظر گرفتن اثرات درآمدی و جانشینی است. ΔE. نیز تفاوت بین سطح بالقوه انتشار دی‌اکسید کربن و سطح واقعی آن است در ادامه تلاش می‌شود مقادیر بالقوه و واقعی و سطح اولیه انتشار دی‌اکسید کربن محاسبه شود.

بین مصرف سوخت‌ها و انتشار دی‌اکسید کربن رابطه مستقیم وجود دارد. برای اندازه‌گیری میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌ها از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$ER_i = \theta_i X_i \qquad (۱۲)$$

که در آن ER_i سطح انتشار دی‌اکسید کربن برای سوخت iام و α_i ضریب انتشار دی‌اکسید کربن برای سوخت مورد نظر (ضریب انتشار دی‌اکسید کربن عبارت است از میزان دی‌اکسید کربن منتشر شده به ازای هر واحد سوخت که از کل دی‌اکسید کربن منتشر شده تقسیم بر مصرف به دست می‌آید) و X_i مخارج روی سوخت iام است که صرف سوخت iام می‌شود. حال اگر فرض کنیم ما n سوخت داریم رابطه بالا به صورت زیر در می‌آید:

$$ER = \sum_{i=1}^{n} ER_i = \sum_{i=1}^{n} \theta_i X_i \qquad (۱۳)$$

با استفاده از رابطه فوق، تغییر در انتشار دی‌اکسید کربن به ازای تغییر قیمت سوخت jام را می‌توان به صورت رابطه زیر نوشت:

$$\frac{\partial ES}{\partial P_j} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial X_i}{\partial P_J} \frac{\partial ES}{\partial X_i} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial X_i}{\partial P_j} \times \theta_i \qquad (۱۴)$$

با انجام چند عملیات ریاضی ساده در رابطه (۲۵) می‌توان تغییر انتشار را بر اساس مفهوم کشش محاسبه کرد. اگر طرفین رابطه بالا را در $\frac{P_j}{ES}$ ضرب کنیم و به جای θ با توجه به رابطه اول $\frac{ES_i}{X_i}$ قرار دهیم رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{\partial ES}{\partial P_j} \times \frac{P_j}{ES} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial X_i}{\partial P_j} \times \frac{ES_i}{X_i} \times \frac{P_j}{ES}$$
$$\Rightarrow \frac{\partial ES}{\partial P_j} \times \frac{P_j}{ES} = \qquad (۱۵)$$
$$\sum_{i=1}^{n} S_i \times \varepsilon_{ij}$$

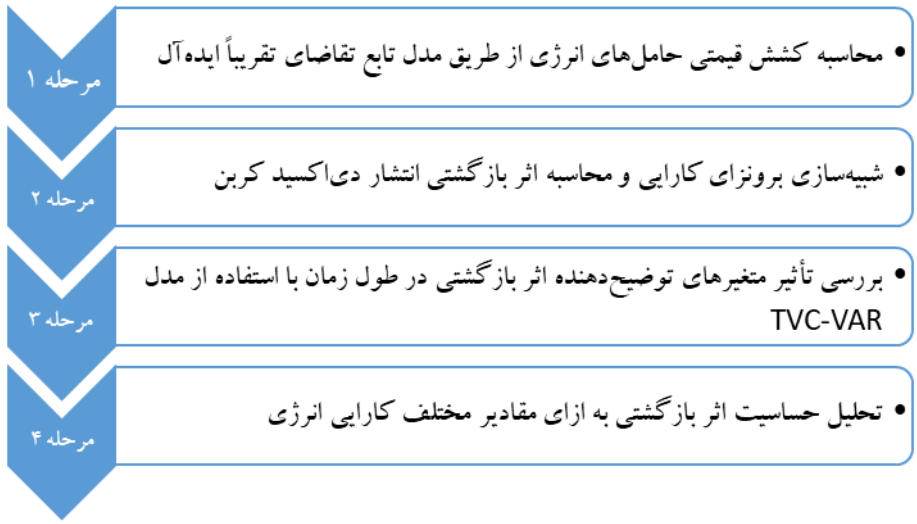
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

که در رابطه فوق ε_{ij} کشش قیمتی متقاطع سوخت iام نسبت به قیمت کالای jام را نشان می‌دهد. همچنین s_i سهم نسبی از انتشار دی‌اکسید کربن برای سوخت iام می‌باشد. در رابطه بالا سمت چپ رابطه کشش انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به تغییرات قیمت سوخت jام را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر به ازای یک واحد تغییر در قیمت سوخت jام به چه میزان کل انتشار دی‌اکسید کربن تغییر می‌کند. اگر تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن موجود باشد همان‌طور که قبلاً اشاره شد می‌توان اثر بازگشت را اندازه‌گیری کرد(شرزه‌ای و ابراهیم‌زادگان، ۱۳۹۰). بر اساس رابطه بالا اگر سهم نسبی از انتشار دی‌اکسید کربن و کشش‌ها قیمتی و تغییر قیمت سوخت jام مشخص باشد می‌توان تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن اندازه‌گیری کرد و در ادامه به توضیح تابع تقاضای تقریباً ایده‌آل برای برآورد کشش‌ها و توضیح شبیه‌سازی کارایی انرژی برای تغییرات قیمت ناشی از کارایی می‌پردازیم.

۵- تجزیه‌وتحلیل نتایج

مراحل (گام‌های) تحقیق برای تجزیه و تحلیل نتایج در شکل ۱ قابل مشاهده است.

شکل ۱- مراحل (گام‌های) مختلف تحقیق



[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

۵-۱- نتایج برآورد تابع تقاضای AIDS (روش SUR)

با توجه به مطالب گفته شده برای محاسبه اثر بازگشتی انتشار دی‌اکسید کربن، از مدل تابع تقاضای تقریباً ایده‌آل AIDS استفاده می‌شود. برای این منظور در این قسمت با داده‌های ذکر شده در قسمت قبل تابع تقاضای تقریباً ایده‌آل برآورد شده سپس کشش‌ها محاسبه شده و اثر بازگشتی محاسبه می‌شود. با توجه به این که دو سوخت در نظر گرفته شده است معادله AIDS صورت زیر است:

$$W_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} \ln p_{jt} + \beta_i (\ln x_t - \ln p_t) \quad \text{i,j=1,2} \qquad (16)$$

اندیس‌ها در رابطه (۱۶) مربوط به سوخت‌ها است. مطالعات پیشین نشان داده است که بهترین روش برای برآورد تابع تقاضای AIDS رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SUR) است. در این پژوهش نیز معادلات مربوط به سوخت‌ها از این روش برآورد شده است که در ادامه ضرایب به دست آمده از دو رابطه بالا ارائه می‌شود. معادله (۱۶) برای هر یک از سوخت‌ها باید صورت جداگانه نوشته شود و برآورد شود. در جدول ۱ ضرایب برای معادله اول مربوط به بنزین به صورت زیر است:

جدول(۱): نتایج برآورد مدل AIDS در معادله اول (حامل بنزین)

ضرایب	مقادیر برآورد شده	t-Statistic	Prob	R-squared
αi	-۰/۴۱۷۶۱	-۱/۵۸۷۷۵۹	۰/۱۲۴۵	۰/۹۲۵۹۵۵
γi ۱	۰/۱۴۱۵۴۳	-۱۲/۹۵۳۹۲	۰	
γi ۲	-۰/۱۴۹۹۲۵	-۱۵/۷۸۴۲۶	۰	
βi	۰/۰۶۷۰۸۵	-۳/۵۹۸۱۶	۰/۰۰۱۴	

منبع: یافته‌های تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

با توجه به جدول ۱تمام ضرایب به جزء ضریب ثابت معنی‌دار هستند(آماره t آن‌ها بزرگ‌تر از ۲ است و سطح معنی‌داری کمتر ۰.۰۵ است). از نظر اقتصادی هم چون در تابع تقاضای تقریباً ایده‌آل علامت‌ها دارای تفسیر اقتصادی خاصی نیستند و از آن‌ها فقط در محاسبه کشش‌ها استفاده می‌شود.

جدول(۲): نتایج برآورد مدل ADIS معادله دوم (حامل گازوئیل)

ضرایب	مقادیر برآورد شده	t-Statistic	Prob	R-squared
αi	۱/۴۱۷۵۹۷	۵/۳۸۹۸۹۲	۰	۰/۹۲۵
γi ۱	-۰/۱۴۱۵۴۳	-۱۲/۹۵۳۹۲	۰	
γi ۲	۰/۱۴۹۹۲۵	۱۵/۷۸۴۲۶	۰	
βi	-۰/۰۶۷۰۸۴	-۳/۵۹۸۱۶	۰/۰۰۱۴	

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۲ نتایج برآورد مدل برای معادله دوم برای بنزین نشان می‌دهد که تمام ضرایب مدل از لحاظ آماری معنی‌دار هستند. ضرایب به دست آمده محدودیت‌های تابع تقاضای (AIDS) را که شامل جمع‌پذیری، قید همگنی، قید تقارن را دارا می‌باشند. در سیستم تقاضای معادلات تقریباً ایده‌آل، چون متغیر وابسته سهم کالا می‌باشد و از نسبت مخارج یک کالا به درآمد یا مخارج کل (حاصل ضرب قیمت کالا در مقدار تقاضای کالا) بدست آمده است، لذا متغیر وابسته مشتمل بر قیمت کالا و درآمد است و نمی‌توان علامت متغیرهای توضیحی قیمت و درآمد را تفسیر به تقاضا نمود. به طور مثال منفی شدن ضریب درآمدی در این مدل به معنی کالای پست بودن نیست، بلکه به معنی ضروری بودن کالای مورد نظر می‌باشد. گروه‌های کالایی که برای آن‌ها، ضریب درآمدی منفی بدست آمده، دارای کشش درآمدی کمتر از یک می‌باشند و نشان‌دهنده ضروری

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

بودن آن گروه کالایی است (ابونوری، ۱۳۹۳). در واقع تفسیر اقتصادی ضرایب پارامترهای برآورد شده در مدل سیستم تقاضای تقریباً ایده‌آل به‌صورت مستقیم امکان‌پذیر نمی‌باشد و لازم است کشش‌های مختلف برآورد و نتایج تفسیر شوند.

جدول(۳): کشش‌ها قیمتی و متقاطع بنزین و گازوئیل

سوخت‌ها	کشش برای سوخت اول	کشش برای سوخت دوم
بنزین	-۰/۸۹۷۴۷۲۸۰۷	-۰/۵۱۷۰۰۸۳۲۸
گازوئیل	-۰/۱۹۲۹۵۹۹۴۷	-۰/۰۲۶۹۷۱۳۱۵

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول ۳ اعداد روی قطر اصلی کشش‌های قیمتی (خودی) را نشان می‌دهند که هر دوی آن‌ها منفی هستند و بنابراین قانون تقاضا (رابطه عکس قیمت با مقدار مصرف سوخت) در مورد هر دو صادق است. قیمتی برای بنزین بزرگ‌تر است که نشان‌دهنده با کشش بودن بنزین نسبت به گازوئیل است. اعداد روی قطر فرعی در جدول کشش‌های متقاطع را نشان می‌دهند که هر دوی آن‌ها منفی هستند.

۵-۲- برآورد اثر بازگشتی

اندازه‌گیری اثر بازگشتی بر اساس رابطه آن با استفاده سه سطح مختلف انتشار دی‌اکسید کربن امکان‌پذیر است سطح اولیه، سطح واقعی، سطح بالقوه انتشار دی‌اکسید کربن پس از محاسبه کشش‌های قیمتی، اثر افزایش کارایی انرژی بر مصرف کالاها و انتشار دی‌اکسید کربن بررسی خواهد شد. در سناریوی پایه تحقیق، میزان افزایش کارایی انرژی در بخش حمل‌ونقل معادل ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است. با توجه به سهم هزینه‌های انرژی از کل هزینه‌های بخش حمل‌ونقل که معادل ۱۳/۲۴ درصد است، بنابراین با افزایش ۲۰ درصد در کارایی انرژی مذکور و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

لحاظ سهم آن در بخش حمل‌ونقل، به عدد ۲/۶۴ درصد برای کارایی انرژی در بخش حمل‌ونقل می‌توان رسید. با استفاده از رابطه ۱۸، افزایش کارایی در بخش حمل‌ونقل، در نهایت منجر به کاهش ۲/۶۴۸ درصدی قیمت در بخش حمل‌ونقل می‌شود. تأثیر این کاهش قیمت را می‌توان با استفاده از کشش‌های قیمتی بر مصرف کالاها اعمال کرد. برای اندازه‌گیری اثر واقعی (کاهش واقعی) انتشار CO_2 از رابطه ۷ استفاده می‌شود که این اثر همان‌طور که قبلاً بیان شد سطح انتشار CO_2 با در نظر گرفتن اثرات درآمدی و جانشینی است.

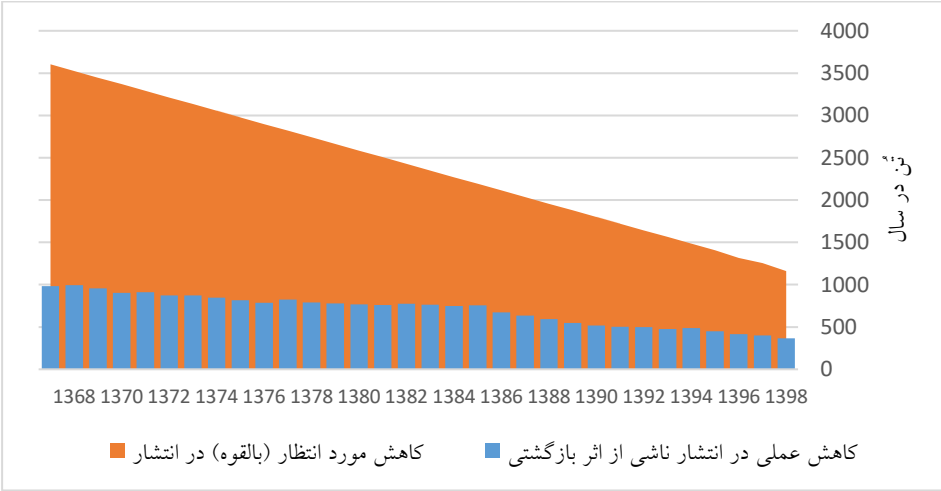
برای اندازه‌گیری اثرات بالقوه (کاهش بالقوه) انتشار دی‌اکسید کربن به این صورت عمل می‌شود که ۲۰٪ افزایش کارایی به طور بالقوه سبب کاهش ۲۰٪ مصرف سوخت و در نتیجه ۲۰٪ انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. این افزایش کارایی، به اندازه ۲/۶۴۸ درصد در بخش حمل‌ونقل است، بنابراین انتشار دی‌اکسید کربن به اندازه این مقدار از انتشار اولیه (بدون در نظرگرفتن اثرات درآمدی و جانشینی) کمتر خواهد بود.

حال با توجه به وجود سه سطح مختلف انتشار دی‌اکسید کربن، بر اساس رابطه اثر بازگشتی، چنانچه تفاوت بین سطح بالقوه و واقعی تقسیم بر میزان کاهش بالقوه شود، میزان اثر بازگشتی انتشار دی‌اکسید کربن برای سال‌های مختلف به دست می‌آید. نمودار ۲ محاسبات مربوطه را به صورت کاهش عملی و کاهش بالقوه انتشار دی‌اکسید کربن را به دلیل اثر بازگشتی با اعمال یک سیاست افزایش کارایی معادل ۲۰ درصد را به تصویر کشیده است. بر این اساس، بخش قابل توجهی از کاهش انتشار بالقوه به دلیل شکل‌گیری اثر بازگشتی خنثی می‌شود.

بر پایه مبانی اقتصاد خرد با افزایش کارایی انرژی، رفاه مصرف‌کنندگان افزایش خواهد داشت. با افزایش کارایی انرژی، قیمت خدمات انرژی به تبع آن کاهش خواهد یافت (گیلینگام و همکاران، ۲۰۰۹) . در نتیجه در قید بودجه مصرف‌کنندگان افزایش درآمد قابل مشاهده خواهد بود که این موضوع سبب افزایش مطلوبیت مصرف‌کنندگان خواهد شد. با افزایش درآمد واقعی مصرف‌کنندگان در نتیجه افزایش کارایی انرژی، مصرف‌کنندگان انرژی بیشتری مصرف خواهند کرد و همچنین این موضوع سبب افزایش انتشار دی اکسید کربن خواهد شد. این موضوع سبب

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

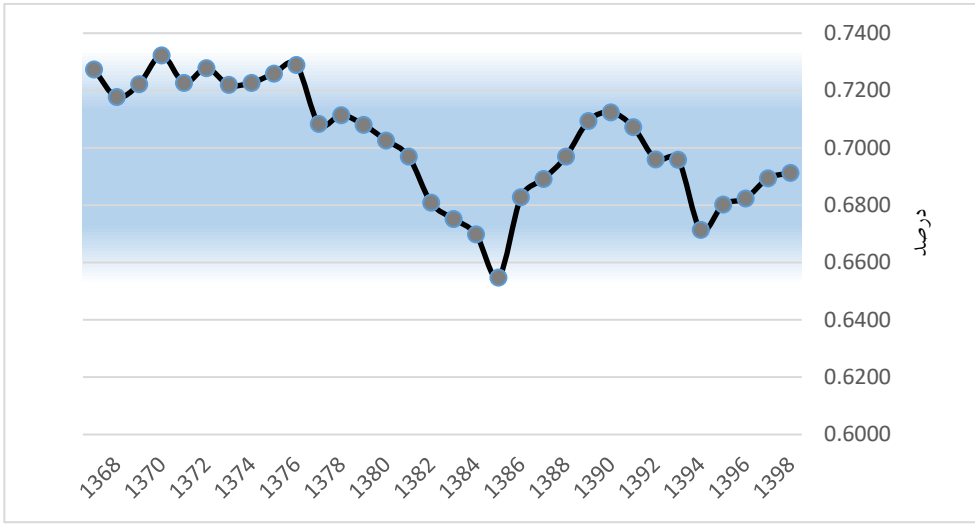
می‌شود که افزایش کارایی به تنهایی سیاست چندان موفقی نباشد(شرزه‌ای و ابراهیم زادگان، ۱۳۹۰). بنابراین لازم است سیاستگذاران همزمان با سیاست افزایش کارایی، سیاست‌های قیمتی را به منظور کنترل اثرات بازگشتی اجرا کنند چراکه یکی از کانال‌های اثرات بازگشتی ناشی از افزایش کارایی، کاهش یافتن قیمت ضمنی خدمات انرژی است و با اصلاح قیمت‌ها (از طریق کاهش یارانه انرژی) عکس‌العمل عاملین اقتصادی به کاهش ضمنی قیمت را محدود کنند.



نمودار ۲- میزان کاهش مورد انتظار و کاهش عملی انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) به دلیل اثر بازگشتی با فرض بهبود ۲۰ درصد در کارایی انرژی (بنزین و گازوئیل)
مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس اطلاعات نمودار ۳، اثر بازگشتی طی دوره ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۸ در بازه ۶۵ تا ۷۳ درصد در نوسان بوده است. بیشترین میزان اثر بازگشتی در سال ۱۳۷۰ با میزان ۷۳ درصد و کمترین میزان اثر بازگشتی در سال ۱۳۸۵ با ۶۵ درصد بوده است. میانگین کل دوره برابر با ۶۸ درصد است که مفهوم آن این است که بطور متوسط، ۶۸ درصد از کاهش بالقوه انتشار دی‌اکسید کربن، بر اثر افزایش مصرف و افزایش انتشار خنثی شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]



نمودار ۳- میزان (درصد) اثر بازگشتی در بخش حمل‌ونقل طی دوره (۱۳۶۷-۱۳۹۸)
مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵-۳- نتایج مدل خودتوضیحی برداری با ضرایب متغیر در طول زمان (TVC-VAR)[۱]

هدف از این بخش، بررسی تأثیر در طی زمان متغیرهای توضیح‌دهنده بر روی متغیر اثر بازگشتی است. برای استفاده از مدل‌های متغیر در طول زمان لازم است تا با انجام آزمون هانسن (۱۹۹۲)[۲] از عدم ثبات ضرایب در طول دوره موردبررسی اطمینان حاصل کرد. درواقع در آزمون هانسن به بررسی این موضوع پرداخته می‌شود که آیا پارامترها از الگوی گام تصادفی پیروی می‌کنند یا خیر؟ برای آزمون کردن این موضوع از آماره‌های L_c، $MeanF$ و $SupF$ استفاده می‌شود. بر اساس نتایج گزارش‌شده در جدول (۱) و مقدار احتمال آماره‌های آزمون، فرضیه ثبات ضرایب مدل رد می‌شود و می‌توان ادعا کرد که ضرایب مدل از ثبات برخوردار نبوده و بنابراین در طول

[۱]. Time-Varying Coefficients VAR (TVC-VAR)
[۲]. Hansen, ۱۹۹۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

زمان متغیر هستند. بنابراین می‌توان از مدل خودرگرسیونی برداری متغیر در طول زمان استفاده کرد.

جدول ۵. نتایج آزمون هانسن

آماره آزمون	مقدار آماره آزمون	احتمال آماره
L_c	۰/٤۱	۰/۷۱
$MeanF$	۱۷/۱۱	۰/۰۲۹
$SupF$	۱٦۳/۲	۰/۰٤۱

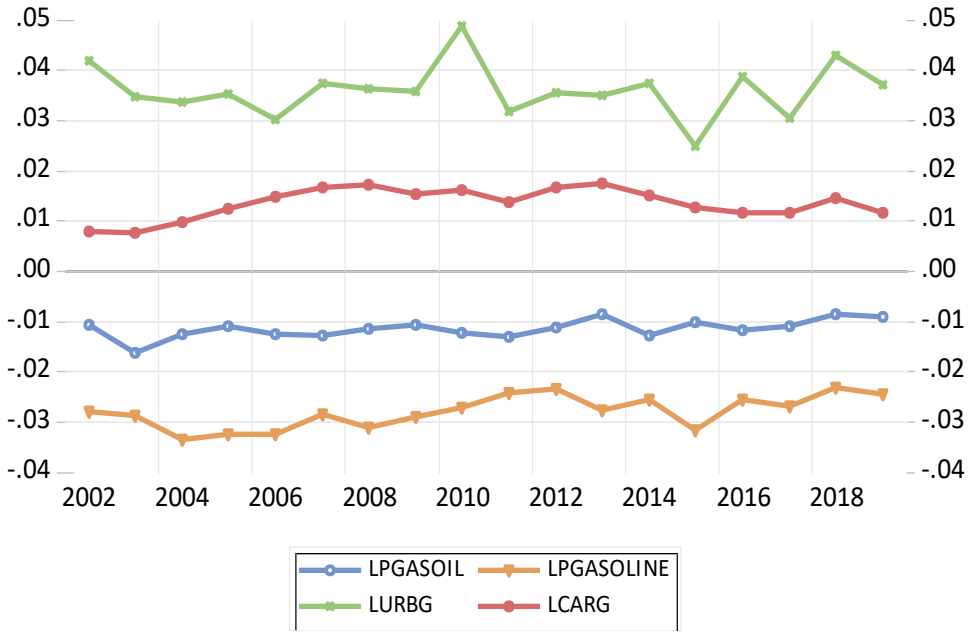
مأخذ: یافته‌های تحقیق

در نمودار (۴) روند تغییرات ضرایب متغیرهای توضیحی بر روی متغیر اثر بازگشتی قابل مشاهده است.[۱] بر این اساس ضریب متغیر رشد شهرنشینی (LURBG) در کل دوره زمانی مثبت بوده است. این ضریب در بازه ۰.۰۲۵ تا ۰.۰۴۹ نوسان داشته است. مثبت بودن ضریب این متغیر نشان‌دهنده وجود رابطه مثبت بین رشد شهرنشینی و افزایش اثر بازگشتی است. ضریب متغیر رشد تعداد وسایط نقلیه در ناوگان حمل و نقل نیز در کل دوره مثبت بوده است و بین ۰.۰۰۸ تا ۰.۰۱۷ در نوسان بوده است. متغیرهای قیمت حقیقی بنزین و گازوئیل در کل دوره مورد بررسی منفی بوده است. تفسیر این ضرایب بدین صورت است که با کاهش قیمت حقیقی بنزین و گازوئیل (که می‌تواند به دنبال تثبیت قیمت‌های اسمی و افزایش تورم باشد)، مصرف حامل‌های انرژی (بنزین و گازوئیل) و اثر بازگشتی افزایش می‌یابد. همچنین افزایش قیمت حقیقی حامل‌های مذکور نیز باعث کاهش اثر بازگشتی در مصرف انرژی شده است.

نمودار ٤- ضرایب متغیر در طول زمان (مدل TVC-VAR)

[۱]. مفروضات توابع پسین و پیشین مدل برآورد شده در ضمیمه تحقیق ارائه شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]



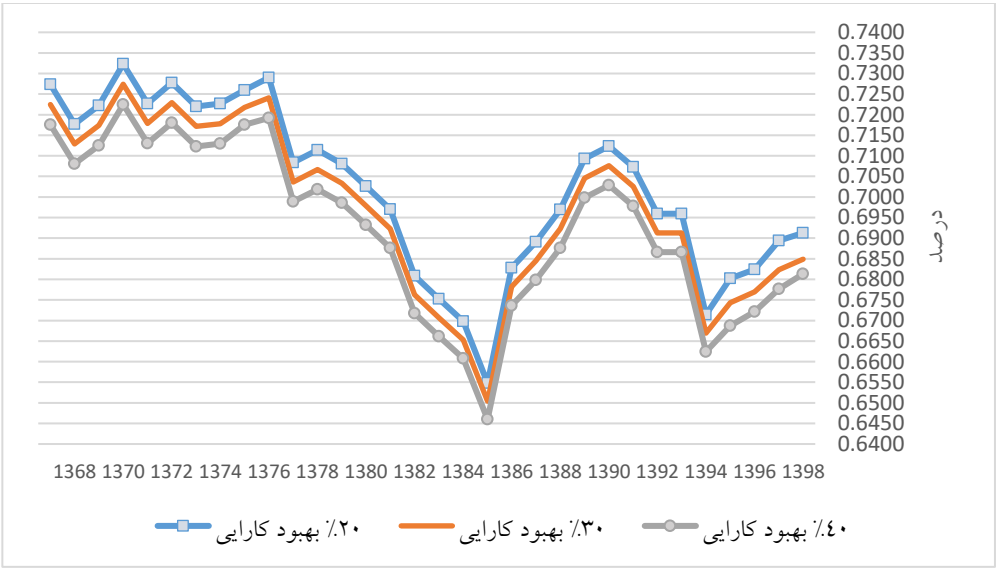
مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵-٤- تحلیل حساسیت رابطه اثر بازگشتی با تغییر سطح کارایی

در این بخش تحلیل حساسیت اثر بازگشتی به ازای سطوح مختلف کارایی (سناریوهای ۲۰ ٪ و ۳۰ ٪ و ۴۰ ٪) بررسی شده است. همان‌طور که در نمودار ۵ مشاهده می‌شود، هر چه درصد افزایش کارایی انرژی بیشتر باشد، انتظار می‌رود مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن کاهش بیشتری داشته باشد. به عبارت دیگر، هرچه نرخ افزایش کارایی انرژی بیشتر باشد، اثر بازگشتی کاهش بیشتری می‌یابد و در نتیجه در نرخ‌های بالا، افزایش کارایی انرژی در کاهش دادن مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن موفق‌تر خواهد بود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

نمودار ۵- تحلیل حساسیت میزان اثر بازگشتی تحت سناریوهای مختلف بهبود کارایی انرژی



مأخذ: یافته‌های تحقیق

٦- نتیجه‌گیری

با توجه به شواهد آماری موجود در ایران میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از صرف بنزین و گازوئیل در بخش حمل‌ونقل، ضروری است تا تمهیداتی در برابر افزایش میزان مصرف این فرآورده‌های نفتی در بخش حمل‌ونقل صورت گیرد. یکی از روش‌های مهم برای این منظور بهبود کارایی انرژی است.

بررسی‌ها مؤید آن است که شکل‌گیری پدیده اثر بازگشتی موجب می‌شود تا بخش قابل توجهی از کاهش بالقوه انتشار دی‌اکسید کربن در بخش حمل و نقل را خنثی شود. تحقیق حاضر به بررسی و اندازه‌گیری اثر بازگشتی ناشی از انتشار دی‌اکسید کربن برای بنزین و گازوئیل در بخش حمل‌ونقل در ایران با استفاده از تابع تقاضای ایده‌آل AIDS و محاسبه کشش‌ها و اندازه‌گیری اثرات مختلف با استفاده از داده‌های سالانه طی دوره ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۸ پرداخته شده است. برای برآورد اثر بازگشتی، سه سناریو در نظر گرفته شده است و فرض شده است که در

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

سناریو اول کارایی ۲۰ ٪ و در سناریو دوم ۳۰ ٪ و در سناریو سوم ۴۰ ٪ افزایش می‌یابد. سپس با استفاده از شبیه‌سازی، افزایش کارایی انرژی به صورت کاهش قیمت انرژی وارد مدل شد. علاوه بر این با بکارگیری یک مدل TVC-VAR، اثرات متغیرهای قیمت‌های حقیقی بنزین و گازوئیل و نیز رشد شهرنشینی و رشد تعداد خودروها در ناوگان حمل و نقل کشور بر روی اثر بازگشتی طی زمان مورد بررسی قرار گرفت. در انتها نیز تحلیل حساسیت سطوح مختلف افزایش کارایی بر روی اثر بازگشتی مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های تحقیق حاضر را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود:

- ✓ نتایج حاکی از آن هستند که با افزایش کارایی انرژی در بخش حمل‌ونقل، قیمت خدمات حمل‌ونقل کاهش می‌یابد. این کاهش قیمت موجب می‌شود تقاضا برای حمل‌ونقل افزایش یابد. در نتیجه مصرف انرژی و به تبع انتشار دی‌اکسید کربن افزایش یابد. بزرگ بودن اثر بازگشتی نشان می‌دهد افزایش کارایی در بخش حمل‌ونقل به مقدار تقریباً ۳۲ ٪ انتشار دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد و ۶۸ درصد کاهش بالقوه انتشار به دلیل اثر بازگشتی خنثی می‌شود.
- ✓ تحلیل حساسیت میزان اثر بازگشتی به ازای درصدهای مختلف افزایش کارایی انرژی نشان می‌دهد که در نرخ‌های بالاتر افزایش کارایی انرژی، اثر بازگشتی کوچک‌تر است و این بر موفق‌تر بودن سیاست افزایش کارایی انرژی در نرخ‌های بالاتر در جهت کاهش مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن دلالت دارد.
- ✓ نتایج حاصل از مدل رگرسیون خودتوضیحی برداری نشان می‌دهد، با کاهش قیمت حقیقی حامل‌های انرژی که مبنای تصمیم‌گیری عاملین اقتصادی است، اثر بازگشتی افزایش می‌یابد. به تعبیر دیگر، یکی از علل شکل‌گیری اثر بازگشتی در مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

کربن، کاهش قیمت‌های حقیقی حامل‌های انرژی به‌رغم ثابت بودن قیمت‌های اسمی آن است.[۱]

- ✓ یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد، سیاست افزایش کارایی برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌ها به دنبال شکل‌گیری اثر بازگشتی تا میزان زیادی خنثی می‌شود. برداشتی که از این یافته می‌توان داشت این است که سیاست افزایش کارایی به تنهایی برای کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن کافی نخواهد بود. بنابراین فراهم‌آوری امکان استفاده از سایر طُرُق حمل‌ونقل از جمله حمل‌ونقل عمومی در کنار اصلاح قیمت حامل‌های انرژی به نحوی که سیگنال قیمتی مناسبی به مصرف‌کننده ارسال کند، ضروری است.
- ✓ نتایج تحقیق نشان می‌دهد، افزایش کارایی انرژی در قیمت‌های بالاتر انرژی با اثر بازگشتی کمتری مواجه می‌شود و این موضوع سبب می‌شود که سیاست افزایش کارایی انرژی هم راستا با کاهش انتشار کربن و مصرف انرژی عملکرد بهتری را داشته باشد. حصول موفقیت در اجرای سیاست کارایی انرژی در هر کشور در گرو قیمت‌گذاری مناسب انرژی، سیستم‌های اداری و نهادی منسجم، مقررات و محرک‌های مالی و اقتصادی است. نظر به پایین بودن قیمت‌های نسبی انرژی در ایران، ضروری است همزمان با اتخاذ سیاست افزایش کارایی انرژی، سیاست‌های مکملی مانند اصلاح تدریجی یارانه انرژی به همراه اتخاذ سیاست مالیات سبز (مالیات بر انتشار کربن و مصرف انرژی فسیلی) صورت پذیرد تا کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها را به صورت موفق‌تری کاهش داد. در واقع عامل اصلی در اثر بازگشتی، کاهش قیمت خدمات انرژی (و هزینه استفاده از انرژی) است که استفاده از سیاست‌های مکمل فوق از اثر کاهش قیمت خدمات انرژی جلوگیری کند. لازم به ذکر است، کیفیت و

[۱]. قیمت حامل‌های انرژی در ایران به صورت دستوری تعیین شده و بعد از هر افزایش، قیمت‌های اسمی حامل‌های انرژی تا زمان نامعینی در آینده ثابت تعیین می‌شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

کمیت اجرای سیاست‌های فوق نیازمند بررسی و ارزیابی دقیق آثار اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی خواهد داشت.

- ✓ نکته حایز اهمیت دیگر آنکه با توجه به اینکه کشورمان با دشواری واردات تکنولوژی و تجهیزات پیشرفته به دلایلی همچون تحریم‌ها مواجه است، اجرای سیاست افزایش کارایی انرژی با محدودیت بیشتری مواجه است. این در حالی است که پایین بودن نسبی قیمت انرژی به دلیل عواملی چون پرداخت یارانه، باعث کمتر از حد برآورد شدن مزایای افزایش کارایی انرژی شده و بنابراین تمایل برای ارتقای کارایی انرژی را کاهش می دهد. با توجه به این موضوع پیشنهاد می‌شود که دولت علاوه بر اتخاذ سیاستهای مبتنی بر تسهیل انتقال تکنولوژی و رفع موانع موجود بر سر راه واردات تکنولوژی، با اصلاح تدریجی قیمتگذاری دستوری انرژی، مزایای ارتقای کارایی را افزایش دهد.

منابع:

- اسماعیل‌نیا، علی اصغر و سارا اختیاری (۱۳۹۱)، " بررسی میزان اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال نهم، شماره ۳۴، صص ۲۱۳-۱۸۵.
- تراز نامه انرژی ایران (۱۳۹۸). وزارت نیرو.
- خوشکلام خسروشاهی، موسی (۱۳۹۴)، "اثرات بازگشتی مربوط به بخش‌های اقتصادی و خانوارها در نتیجه ارتقاء کارایی مصرف گازوئیل"، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، سال بیست و سوم، شماره ۷۴، صص ۳۱-۵۴.
- خوشکلام خسروشاهی، موسی و مهدوی، روح اله (۱۳۹۷)، "تخمین اثر بازگشتی ناشی از مصرف انرژی الکتریسیته در ایران"، *فصلنامه علمی نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، سال پنجم، شماره ۴، صص ۱۹۶-۱۷۳.
- خوشکلام خسروشاهی (۱۳۹۹)، "اثر بازگشتی فرآورده‌های نفتی در ایران به تفکیک اثرات جانشینی و تولیدی: رویکرد دو مرحله‌ای در قالب مدل تعادل عمومی قابل محاسبه"، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، سال بیست و هشتم، شماره ۹۳، صص ۳۲-۷.
- خوشکلام خسروشاهی، موسی و صیادی، محمد (۱۴۰۰)، "تخمین اثر بازگشتی به تفکیک صنایع سنگین و سبک ایران با افزایش درون‌زای کارایی انرژی"، *فصلنامه علمی نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، سال هشتم، شماره ۴، صص ۲۲۴-۲۰۱.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

- دل‌انگیزان، سهراب، خانزادی، آزاد و حیدریان، مریم (۱۳۹۶)، "برآورد و تحلیل اثرات بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران"، نشریه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال ششم، شماره ۲۱، صص ۱۷۲-۱۴۹.
- دل‌انگیزان، سهراب، خانزادی، آزاد و حیدریان، مریم (۱۳۹۷)، " محاسبه اثرات بازگشتی مستقیم CO_2ناشی از بهبود کارایی مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل استان های ایران"، *نشریه تحقیقات اقتصادی*، سال پنجاه و سوم، شماره۴، صص ۸۲۸-۸۰۵.
- سالم، علی اصغر، اکابری، مهدی. (۱۳۹۶)، برآورد اثر بازگشتی مستقیم بهبود کارایی مصرف برق در بخش خانگی مناطق شهری ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۶(۲۲)، ۴۵-۷۴.
- شرزه‌ای، غلامعلی و ابراهیم زادگان، هه‌ژار (۱۳۹۰)، "برآورد اثر بازگشت افزایش کارآیی انرژی در ارتباط با مصرف خانوارها و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هشتم، شماره ۳۰، صص ۶۱-۳۳.
- منظور، داود، آقابابایی، محمدابراهیم و حقیقی، ایمان (۱۳۹۰)، "تحلیل اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارآیی در مصارف برق در ایران: الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هشتم، شماره ۲۸، صص ۲۳-۱.
- محمدیان، فرشته (۱۴۰۰)، "برآورد اثر بازگشتی انرژی در گستره اقتصاد ایران"، *پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، سال بیست و یکم، شماره ۴، صص ۱۷۷-۱۴۷.
- Brannlund, R., T. Ghalwash, J. Nordstrom (۲۰۰۷), Increased Energy Efficiency and the Rebound Effect: Effects on Consumption and Emission Energy Economics. ۲۹, ۱-۱۷.
- Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (۲۰۰۹). Energy efficiency economics and policy. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, *1*(۱), ۵۹۷-۶۲۰.
- Hernandez, A. D. and Pifarre, F. (۲۰۰۹). "Short Run Scenarios and Policies Whereby Economy-Wide Rebound Effects Might be Mitigated", Working Paper. Preliminary Version.
- IEA (۲۰۲۲), World Energy Outlook ۲۰۲۲, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-۲۰۲۲, License: CC BY ٤,٠ (report); CC BY NC SA ٤,٠ (Annex A)
- Khazzoom, J. D. (۱۹۸۰). Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances. The energy journal, ۱(٤), ۲۱-٤٠.
- Lin, B., & Liu, X. (۲۰۱۳). Electricity tariff reform and rebound effect of residential electricity consumption in China. *Energy*, *59*, ۲٤٠-۲٤۷.

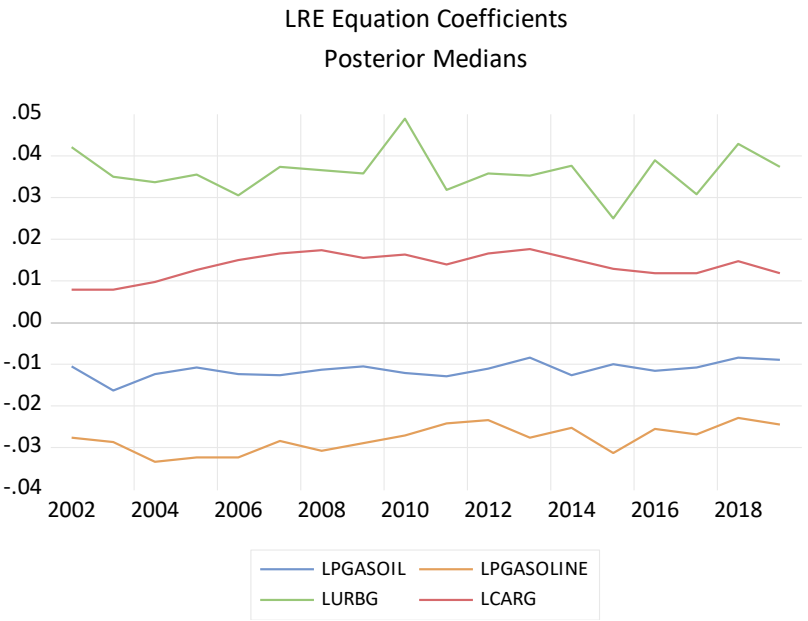
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

- Lin, B., & Zhao, H. (۲۰۱٦). Technological progress and energy rebound effect in China ′s textile industry: Evidence and policy implications. Renewable and sustainable energy reviews, ٦۰, ۱۷۳-۱۸۱.
- Linn, J. (۲۰۱۳). "The Rebound Effect for Passenger Vehicles", *Resources for the Future*, Washington, DC ۲۰۰۳٦.
- Meng, M., & Li, X. (۲۰۲۲). Evaluating the direct rebound effect of electricity consumption: An empirical analysis of the provincial level in China. *Energy*, ۲۳۹, ۱۲۲۱۳۵.
- Mizobuchi, K. (۲۰۰۸), an Empirical Study on the Rebound Effect: Considering Capital Costs. Energy Economics ۳۰, ۲٤۸٦-۲٥۱٦.
- Moshiri, S., and Aliyev K. (۲۰۱۷), "Rebound Effect of Efficiency Improvement in Passenger Cars on Gasoline Consumption in Canada", Ecological Economics, No. ۱۳۱, pp. ۳۳۰–۳٤۱.
- O'Hara, M., (۲۰۱۲), "Direct Household Rebound Effect for Electricity Consumption in the U.S.: Implications for Energy Conservation Policy", Economics Honors Thesis, pp.۱–۳۰.
- Shao, S., Guo, L., Yu, M., Yang, L., & Guan, D. (۲۰۱۹). Does the rebound effect matter in energy import-dependent mega-cities? Evidence from Shanghai (China). Applied Energy, ۲٤۱, ۲۱۲-۲۲۸.
- Ullah, S., Mahmood, T., & Khan, M. Z. (۲۰۲۲). Energy efficiency and energy rebound, intensity, and output effects in transport sector of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, ۱-۱٥.
- Wei, T., & Liu, Y. (۲۰۱۷). Estimation of global rebound effect caused by energy efficiency improvement. *Energy Economics*, *66*, ۲۷-۳٤.
- West, S. E. (۲۰۰٤). Distributional effects of alternative vehicle pollution control policies. Journal of public Economics, ۸۸(۳-٤), ۷۳٥-۷٥۷.
- Zhang, Y. J., Liu, Z., Qin, C. X., & Tan, T. D. (۲۰۱۷). The direct and indirect CO ۲ rebound effect for private cars in China. Energy Policy, ۱۰۰, ۱٤۹-۱٦۱.
- Zhang, Y. J., Peng, H. R., Liu, Z., & Tan, W. (۲۰۱٥). Direct energy rebound effect for road passenger transport in China: a dynamic panel quantile regression approach. *Energy Policy*, *87*, ۳۰۳-۳۱۳.
- Zheng, Y., Xu, H., & Jia, R. (۲۰۲۲). Endogenous energy efficiency and rebound effect in the transportation sector: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, *335*, ۱۳۰۳۱۰.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]

پیوست: خروجی مدل TVC-VAR به همراه مفروضات توابع پسین و پیشین

Bayesian TVCVAR Estimates
Date: ۰۱/۲۷/۲۳ Time: ۱۳:۴۸
Data sample: ۲۰۰۰ ۲۰۱۹
Included observations: ۱۸ (data)
Hyperparameters: T۰ = ۰, tau۰ = ۵, tau۱ = ۱, tau۲ = ۰,۰۱, nu۱ = ۵, nu۲ = ۵
Simulation smoother: McCausland, Miller, & Pelletier (MMP)
Posterior sample size: ۵۰۰۰ (burn-in size: ۵۰۰۰)
Stability method: None



[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-06-01]