مجله‌ی علمی و پژوهشی شریف
دی ۱۳۸۷، شماره‌ی چهل و پنجم، ص. ۶۵-۷۵

مدل‌سازی مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی، و بررسی امکان جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی در ایران

عبدالحمید اشراق‌نیای جهرمی (استاد)
روح‌الله ایقانی‌یزدلی (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف

در این تحقیق به بررسی تحلیلی موضوع جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی (بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره و گاز مایع) در ایران از طریق مدل‌سازی در دو قالب مختلف در سه بخش اقتصادی (خانگی-تجاری، صنعت، و حمل‌ونقل) پرداخته‌ایم. در قالب اول، با به کارگیری شیوه‌ی تلفیق داده‌های سری زمانی و گروه تحلیل[1]، مدل‌های متنوعی برای تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی تخمین زده شده، و سپس تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی و نیز روند جانشینی در بخش‌های اقتصادی برای دوره‌ی ۱۳۹۵-۱۳۸۴ دوره‌ی پیش‌بینی و مورد تحلیل قرار می‌گیرند. در قالب دوم، با استفاده از همان داده‌های قبلی، مدل‌سازی توابع ترانسلوگ[2] با استفاده از شیوه‌ی «رگرسیون ظاهراً نامرتبط[3]» در دو بخش اقتصادی مصرف‌کننده‌ی عمده‌ی گاز طبیعی (خانگی-تجاری و صنعت) انجام می‌شود. کشش‌های قیمتی متقاطع به دست آمده حکایت از جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی درگذشته و در حال حاضر دارند، اما به‌دلیل کوچک‌بودن مقدار عددی کشش‌ها،روند این جانشینی کند است.

واژگان کلیدی: جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی، مدل‌سازی تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی، تلفیق داده‌های سری زمانی و داده‌های مقطعی، مدل‌سازی توابع ترانسلوگ.

eshragh@sharif.edu
riy5610@yahoo.com

۱. مقدمه

در مناسبات بین‌المللی، امروزه اقتصاد نقشی برجسته‌تر از هر زمان دیگر یافته و انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ارکان اساسی چرخه‌ی اقتصادی، جایگاهی ویژه یافته است. در این میان نفت‌وگاز ازجمله‌ی مهم‌ترین کالاهای راهبردیِ قرن حاضر است، و در بین سایر انرژی‌های از جمله‌ی منابع مطمئن انرژی هستند که در تحول جامعه‌ی صنعتی نقش اساسی دارند، و به‌لحاظ اقتصادی، تجاری و سیاسی همواره مورد توجه بوده‌اند. وجود ذخایر عظیم گاز طبیعی در ایران، ارزان بودن آن نسبت به فرآورده‌های نفتی، گستردگی شبکه‌ی گازرسانی در کشور و نیز مصرف بسیار بالای فرآورده‌های نفتی، انتخاب این سوخت را به‌عنوان سوخت جانشین از لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر می‌سازد. با ایجاد نگرانی‌های فزاینده درمورد اتمام منابع نفتی و احساس خطر نسبت به آلودگی محیط زیست، گاز طبیعی به‌عنوان سوخت برتر قرن ۲۱ مطرح شده است که درصورت توسعه‌ی فنّاوری و ایجاد زمینه‌ی استفاده‌ی گسترده‌تر از آن در بخش‌های مختلف اقتصادی، اهمیت این منبع انرژی در قرن حاضر دوچندان خواهد شد. از آنجا که بخش حمل‌ونقل و نیز بخش صنعت در انتشار مواد آلاینده نقش اساسی دارند، استفاده از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت پاک برای بخش حمل‌ونقل و نیروگاه‌ها می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش آلاینده‌های محیط زیست داشته باشد. نکته‌ی بسیار مهم دیگر این است که بهره‌گیری از گاز طبیعی بر تعداد منابع متنوع انرژی می‌افزاید و نیز به‌عنوان جانشین منابع انرژی دیگر ــ خصوصاً فرآورده‌های نفتی ــ موجب پیوند میان بازارهای انرژی می‌شود. در صورت بروز بحران در ارتباط با یک منبع تولید انرژی (به‌ویژه نفت و فرآورده‌های آن)، با جانشینی گاز طبیعی می‌توان امنیت انرژی را تأمین کرد. در نزد سیاست‌گذاران داخلی ایران، جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی همواره از جایگاه ویژه‌یی برخوردار بوده، اما تاکنون هیچ‌یک از سازمان‌ها و ارگان‌های رسمی مطالعات اقتصادی کافی برای تبیین رفتار مصرفی و عملکردی انجام نداده‌اند. این در حالی است که نبود مطالعات اقتصادی کافی، زمینه‌ساز عدم هماهنگی بین اهداف و برنامه‌های تمام بخش‌های اقتصادی در راستای مصرف سوخت و چگونگی قیمت‌گذاری فرآورده‌های نفتی بوده است. نبود اتفاق آرا و به‌عبارتی نبود چراغ هدایت‌گری که شکل‌دهنده‌ی خط‌مشی‌ها به سوی هدف جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی باشد، عامل مهم اتلاف سرمایه‌ی انسانی و مالی و نیز توسعه‌نیافتگی صنعت و ایجاد هزینه‌های جبران‌ناپذیر فرصتی در آینده خواهد شد.

داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در بخش‌های مدل‌سازی این نوشتار مربوط به دوره‌ی ۱۳۶۸-۱۳۸۳ بوده و از مراکز آماری و رسمی دولت جمهوری اسلامی ایران، نظیر وزارت نیرو، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، مرکز آمار ایران، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، و شرکت ملی نفت ایران گردآوری شده‌اند.[۱-۶]

۲. بررسی ادبیات موضوع

محققینی که با استفاده از متدولوژی برنامه‌ریزی ریاضی و با توجه به محدودیت‌های دینامیک، به بررسی موضوع جانشینی انرژی‌های تجدیدپذیر به‌جای سوخت‌های فسیلی پرداخته‌اند چنین نتیجه گرفته‌اند که با وضعیت فعلی قیمت سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته (که دولت یارانه‌ی قابل توجهی به مصرف‌کنندگان این منابع انرژی می‌پردازد) انرژی خورشیدی قابلیت رقابت با آن‌ها را ندارد، اما با در نظرگرفتن هزینه‌ی فرصت صادرات سوخت ذخیره‌شده، جانشینی انرژی خورشیدی مقرون‌به صرفه خواهد بود.[۷] در سوئیس، جانشینی بین منابع مختلف انرژی با استفاده از تابع ترانسلوگ در دو سطح (در سطح اول بین عوامل سرمایه، نیروی کار، انرژی و مواد اولیه و در سطح دوم بین فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و الکتریسیته) با دو شیوه‌ی OLS و IT3SLS بررسی شده است.[۸] نتایج تخمین در سطح بالا نشان می‌دهند که اولاً ارزش مطلق (قدر مطلق) کشش خودقیمتی تقاضای نیروی کار بسیار بالا است. ثانیاً سرمایه و انرژی به‌شکلی ضعیف مکمل یکدیگرند. نتیجه‌گیری مهم حاصل از تخمین‌های سطح پایین حاکی از وجود کشش‌های جانشینی بسیار کم بین منابع مختلف انرژی است. همچنین در هر دو روش OLS و IT3SLS کشش جانشینی بین گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی مثبت بوده و این حکایت از این دارد که گاز طبیعی در آینده جانشین بسیار خوبی برای فرآورده‌های نفتی در بخش‌های مختلف اقتصادی است. پاتریک سُدِرهُلم با همکاری مرکز تحقیقات سیاست انرژی و محیط زیست دانشگاه MIT به تجزیه‌وتحلیل کوتاه‌مدت موضوع جانشینی بین سوختی بین زغال‌سنگ، نفت‌وگاز طبیعی در بخش نیروگاهی اروپای غربی به‌کمک تابع هزینه‌ی ترانسلوگ محدودشده با شیوه‌ی تلفیق سری‌های زمانی و مقطعی پرداخته است.

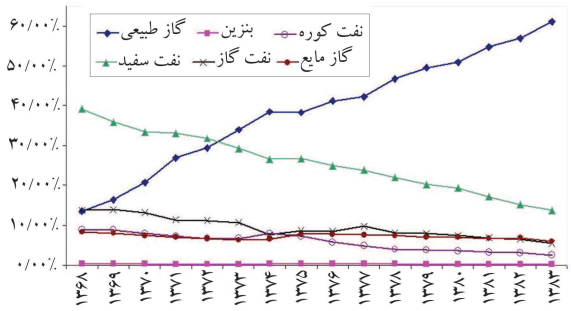
وی نتیجه‌گیری می‌کند که مثبت بودن کشش‌های قیمتی متقاطع به دست‌آمده بین نفت‌وگاز در تمام کشورهای مورد بررسی، بر موضوع جانشینی بین این حامل‌های انرژی در نیروگاه‌های این کشورها صحه می‌گذارد.[۹] محققین چینی نیز با هدف به دست‌آوردن نرخ جانشینی در چهار بخش نیروگاهی، خانگی، تجاری و صنعت در تایوان به بررسی جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی در این کشور پرداخته‌اند.

نتایج حاصله حاکی از آن است که در تایوان جانشین‌سازی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی روند بسیار کندی دارد، اما فرایند جانشینی در بخش‌های مصرف‌کننده‌ی نهایی مختلف، متفاوت است. بخش‌هایی که به سوخت نگرشی مصرفی دارند (مثل نیروگاه‌ها)، انعطاف زیادی در جانشینی دارند؛ اما بخش‌هایی که به سوخت به‌عنوان ماده‌ی اولیه (برای تولید محصولات) می‌نگرند، به‌دلیل وجود محدودیت‌های تکنولوژیکی فراوان، جانشینی در آن‌ها به‌کندی صورت می‌گیرد.[۱۰] اَلسهلاوی با استفاده از تابع لگاریتم مضاعف با تأخیر (LAG) به بررسی تقاضای محصولات نفتی شامل بنزین، دیزل، سوخت جت، وکل این محصولات در عربستان صعودی پرداخته است.

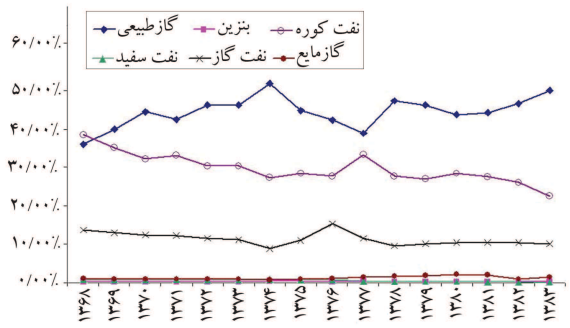
کشش قیمتی کوتاه‌مدت برای بنزین، دیزل، سوخت جت، وکل محصولات نفتی به‌ترتیب ۰٫۱۶، ۰٫۰۹-، ۰٫۵۱- و ۰٫۲۷- و کشش‌های درآمدی کوتاه‌مدت هم به‌ترتیب ۰٫۳، ۰٫۲۹، ۰٫۴۵ و ۰٫۱۸ تخمین زده شده است.[۱۱] آقای پاول در تحقیق خود به بررسی میزان عرضه و تقاضای نفت خام در جهان پرداخته و همچنین احتمال جایگزینی آن توسط گاز طبیعی را مورد تحلیل قرار داده است. پاول کشش بلندمدت قیمتی و درآمدی برای نفت خام را به‌ترتیب حدود ۰٫۴- و ۰٫۹۶ تخمین زده است.[۱۲]

۳. بررسی روند مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در ایران

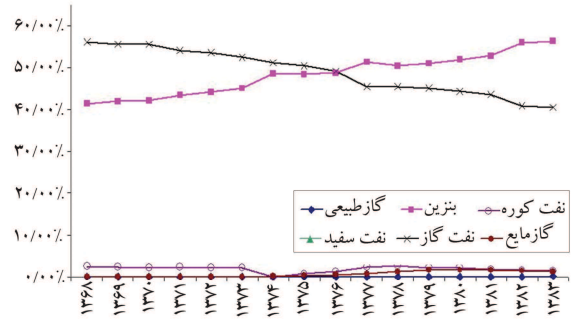
پیش از ارائه‌ی مدل و پیش‌بینی تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در بخش‌های اقتصادی، نگاهی گذرا به روند مصرف منابع انرژی‌زای اصلی در بخش‌های اقتصادی (خانگی-تجاری، صنعت و حمل‌ونقل) ایران، سؤالاتی برای ما ایجاد می‌کند که در این نوشتار قصد داریم پاسخ آن‌ها را بیابیم. شکل‌های ۱، ۲ و ۳ سهم گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی عمده‌ی مورد مصرف در بخش‌های خانگی-تجاری، صنعت، و حمل‌ونقل در طول سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۳ را نشان می‌دهد. چنان‌که از شکل ۱ پیداست، در سال‌های مورد بررسی گاز طبیعی، نفت سفید، گاز مایع و نفت گاز بیشترین سهم را در تأمین انرژی برای بخش خانگی-تجاری داشته‌اند. اما روند این سهم در سال‌های مختلف متفاوت بوده به‌طوری که، رشد متوسط سالانه برای سهم



شکل ۱. سهم گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در بخش خانگی-تجاری.



شکل ۲. سهم گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت.



شکل ۳. سهم گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در بخش حمل‌ونقل.

گاز طبیعی مثبت و برابر با ۱۰٫۸۶٪ است، در حالی که رشد متوسط سالانه برای سهم فرآورده‌های نفتی مذکور منفی و به‌ترتیب برابر با ۶٫۷-٪، ۵٫۳۴-٪ و ۱٫۹۸-٪ بوده است. با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌کنیم که گاز طبیعی، نفت کوره و نفت گاز بیشترین سهم را در بخش صنعت داشته‌اند. رشد متوسط سالانه برای سهم گاز طبیعی مثبت و برابر با ۲٫۶۳٪ بوده، اما رشد متوسط سالانه برای سهم فرآورده‌های نفتی مذکور منفی و به‌ترتیب برابر با ۳٫۱۷-٪ و ۰٫۹۴-٪ بوده است. بدون شک یکی از عوامل مهم رشد منفی برای فرآورده‌های نفتی در دو بخش مذکور، سیاست‌های به کار گرفته شده توسط دولت در راستای جانشینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی عمده‌ی مورد مصرف در این بخش بوده است. شکل ۳ بیان‌گر سهم بالای بنزین و نفت گاز در تأمین انرژی بخش حمل‌ونقل است. مصرف گاز طبیعی در ۵ سال اخیر در این بخش رو به افزایش گذاشته است، اما هنوز سهم بسیار اندکی در تأمین انرژی این بخش دارد. با توجه به موارد ذکرشده، یکی از سؤالاتی که به ذهن متبادر می‌شود این است که «روند آتی مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در بخش‌های فوق، از چه توابعی پیروی می‌کند و نقش متغیر کلیدی قیمت تا چه اندازه در اصلاح مصرف این حامل‌های انرژی، تأثیرگذار است؟» سؤال دوم آن است که کشش قیمتی متقاطع بین گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی عمده‌ی مورد مصرف در دو بخش خانگی-تجاری و صنعت، و روند آن در سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۸۳ چگونه بوده است؟

۴. مدل پیشنهادی برآورد تقاضا

۱.۴. ساختار مدل

یکی از توابع معمول و متداول در اقتصادسنجی که توسعه یافته و در بیشتر مطالعات اقتصادسنجی به‌تکرار از آن استفاده شده است، فرم تابع لگاریتم خطی یا لگاریتم از دوسو[۴] است.[۱۳] شکل اولیه‌ی چنین تابعی در صورت وجود K متغیر توضیحی به‌شکل رابطه‌ی ۱، موسوم به رابطه‌ی ضربی[۵]، است:

$$Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \cdots X_k^{\beta_k} e^U \qquad (۱)$$

با گرفتن لگاریتم دوطرفه از رابطه‌ی ۱، یک تابع خطی با متغیرهای مستقل لگاریتمی به‌دست می‌آید:

$$\log Y = \alpha + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \cdots + \beta_k \log X_k + U \qquad (۲)$$

و از آنجا که در اقتصاد به‌ندرت وابستگی متغیر Y به متغیرهای دیگر آنی و فوری است، متغیر وابسته با تأخیر زمانی به‌عنوان متغیر مستقل در مدل وارد می‌شود، و این بدان معناست که میزان متوسط متغیر، تحت تأثیر مقدار آن متغیر در دوره‌های قبل است.[۱۳] ساختار کلی مدل خودرگرسیونی که برای برآورد تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی به کار گرفته شده است، عبارت است از:

$$\log D_t = \alpha + \beta_0 \log P_t + \beta_1 \log Y_t + \beta_2 \log D_{t-1} + \beta_3 \log P_{stors(t-1)} \qquad (۳)$$

که در آن لگاریتم تقاضای حامل انرژی بخش ($\log D_t$) تابعی از لگاریتم قیمت حامل در بخش ($\log P_t$)، لگاریتم ارزش‌افزوده‌ی بخش ($\log Y_t$)، لگاریتم تقاضای حامل انرژی بخش در دوره‌ی قبل ($\log D_t$) و لگاریتم قیمت حامل جانشین بخش در دوره‌ی t یا $t-1$ ($\log P_{st\,or\,s(t-1)}$) است.

۲.۴. روش تحلیل تلفیق سری‌های زمانی و مقطعی

روش مورد استفاده برای تخمین معادله‌ی ۳ در این تحقیق، روش تلفیق سری‌های زمانی و مقطعی است. داده‌های تلفیقی اطلاعات آگاهی‌دهنده‌ی بیشتر، تنوع یا تغییرپذیری بیشتر، هم‌خطی کم‌تر بین متغیرها، درجات آزادی و کارایی بیشتر را فراهم می‌کند. این در حالی است که سری‌های زمانی گرفتار هم‌خطی هستند. در داده‌های تلفیقی ــ با توجه به این که ترکیبی از سری‌های زمانی و مقطعی‌اند ــ بعد مقطعی موجب اضافه‌شدن تغییرپذیری یا تنوع بسیار زیادی می‌شود که با دردست داشتن این اطلاعات می‌توان برآوردهای معتبری انجام داد. برآورد روابطی که در آن‌ها از داده‌های ترکیبی (سری زمانی، مقطعی) استفاده می‌شود، غالباً با پیچیدگی‌هایی مواجه است. در حالت کلی، مدل زیر نشان‌دهنده‌ی یک مدل با داده‌های ترکیبی است:

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \sum_{k=2}^{m} \beta_{kit} X_{kit} + e_{it} \qquad (۴)$$

که در آن $i = 1, 2, ..., n$ نشان‌دهنده‌ی واحدهای مقطعی (مثلاً زیربخش‌ها)، و $t = 1, 2, ..., T$ به زمان اشاره دارد. همچنین Y_{it} متغیر وابسته برای iامین واحد مقطعی در سال t و X_{kit} نیز kامین متغیر مستقل غیرتصادفی برای iامین واحد مقطعی در سال tام است.

فرض می‌شود جمله‌ی اخلال e_{it} دارای میانگین صفر، $E[e_{it}] = 0$ و واریانس ثابت $E[e_{it}^2] = \sigma_e^2$ است. β_{kit} پارامترهای مدل مجهول است که واکنش متغیر وابسته نسبت به تغییرات kامین متغیر مستقل در iامین مقطع و tامین زمان را اندازه‌گیری می‌کند. در حالت کلی فرض می‌شود که این ضرایب در میان تمامی واحدهای مقطعی و زمانی مختلف، متفاوت‌اند، ولی در بسیاری از مطالعات پژوهشی، متغیر بودن این ضرایب هم برای تمامی مقاطع و هم برای تمامی زمان‌ها، بسیار محدودکننده است. درخصوص روش‌های تخمین مدل فوق، می‌توان گفت بسته به این که کدام‌یک از ضرایب ثابت یا متغیر باشند، به روش‌های اثرات ثابت[۶] و اثرات تصادفی[۷] تقسیم می‌شوند.[۱۴]

سؤالی که اغلب در مطالعات کاربردی مطرح می‌شود، این است که آیا شواهدی دال بر قابلیت ادغام داده‌ها وجود دارد یا این که مدل برای تمام واحدهای مقطعی متفاوت است. به‌عبارت دیگر، آیا در مدل مورد نظر برای مقاطع مختلف هم شیب‌ها و هم عرض از مبدأها متفاوت است؟ این سؤال را می‌توان با فرضیه زیر مطرح کرد:

$$H_0 : \alpha_i = \alpha, \beta_i = \beta$$

$$H_1 : Not\, H_0$$

فرضیه‌ی یادشده را می‌توان به‌عنوان یک مجموعه قیود خطی روی ضرایب در نظر گرفت و برای آزمایش آن که به «آزمون چاو» معروف است، از آماره‌ی F مطابق رابطه‌ی ۵ استفاده کرد:

$$F = \frac{(\overline{e}'\overline{e} - e_p' e_p)/K(N-1)}{(e_p' e_p)/N(T-K)} \qquad (۵)$$

که در آن:

$\overline{e}'\overline{e}$: مجذور پسماندهای حاصل از برازش رگرسیون مقید $Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + e_{it}$ است؛

$e_p' e_p$: مجذور پسماندهای حاصل از برازش رگرسیون نامقید هریک از معادلات $Y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + e_{it}$ با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی است؛

T: تعداد سال، N: تعداد مقطع و K تعداد پارامتر است.

درصورتی که فرض H_0 پذیرفته نشود، دلیلی برای یکسان فرض‌کردن شیب‌ها و عرض از مبدأ واحدهای مختلف مقطعی وجود ندارد. آزمون دیگری مطرح است که با فرض متفاوت‌بودن عرض از مبدأ مقاطع، می‌توان فرضیه‌ی زیر را مطرح کرد:

$$H_0 : \beta_i = \beta$$

$$H_1 : Not\, H_0$$

که این فرضیه به‌صورت یک مجموعه قیود خطی روی ضرایب متغیرهای توضیحی (شیب‌ها) در نظرگرفته می‌شود که برای آزمایش فرضیه‌ی مذکور از آماره‌ی F طبق رابطه‌ی ۶ استفاده می‌شود:

$$F = \frac{(\overline{e}'\overline{e} - e_p'e_p)/K'(N-1)}{(e_p'e_p)/N(T-K)} \qquad (۶)$$

که در آن:

$\overline{e}'\overline{e}$: مجذور پسماندهای حاصل از برازش رگرسیون مقید $Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + e_{it}$ است؛

$e_p'e_p$: مجذور پسماندهای حاصل از برازش رگرسیون نامقید هریک از معادلات $Y_{it} = \alpha_i + \beta_i X_{it} + e_{it}$ با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) و K' تعداد متغیر مستقل است.

۳.۴. مدل‌های برآورد شده برای تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی

در این بخش مدل‌های مورد استفاده برای تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی معرفی می‌شوند. تاکنون مدل‌های گوناگونی برای پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران ارائه شده است. نکته‌ی مهمی که در مدل‌سازی‌های انجام‌گرفته برای پیش‌بینی مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در این نوشتار بر آن تأکید شده است، در نظرگرفتن مسئله‌ی جانشینی بین سوختی در قالب متغیر قیمت حامل انرژی جانشین (در دوره حاضر و یا در دوره قبل) و تخمین آن براساس روش تلفیق سری‌های زمانی و مقطعی در شکل لگاریتم خطی مدل است.

۱.۳.۴. گاز طبیعی

$$LNDGAS = \alpha + \beta_0 LNPGAS + \beta_1 LNSGDP + \beta_2 LNDGAS(-1) + \beta_3 LNPOIL \qquad (۷)$$

در این معادله، متغیرهای $LNDGAS$، $LNPGAS$، $LNSGDP$، $LNDGAS(-1)$ و $LNPOIL$ به‌ترتیب معرف لگاریتم تقاضای گاز طبیعی، لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی، لگاریتم ارزش افزوده، لگاریتم تقاضای گاز طبیعی در دوره‌ی قبل و لگاریتم متوسط وزنی (حامل‌های با سهم بیشتر در مصرف، دارای وزن بیشتر) قیمت واقعی فرآورده‌های نفتی به‌عنوان حامل‌های جانشین گاز طبیعی هستند. معادله‌ی ۷ به‌روش ضرایب ثابت برای مقاطع و عرض از مبدأ با اثرات ثابت و با استفاده از شیوه‌ی رگرسیون ظاهراً نامرتبط برآورد شده است. نتایج تخمین برای بخش‌های اقتصادی مختلف در جدول ۱ آمده است. مقادیر به دست آمده برای عرض از مبدأ و ضرایب متغیرها در جدول ۱ مناسب‌اند. اعداد داخل پرانتز مربوط به آماره‌ی آزمون t بوده و با توجه به آن‌ها، مقادیر تخمین زده شده در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار هستند. همچنین ضریب R^2 قدرت توضیح‌دهندگی مدل را بسیار مناسب ارزیابی می‌کند.

جدول ۱. نتایج تخمین ضرایب مدل گاز طبیعی.

متغیر	خانگی- تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
عرض از مبدأ	−۱۴٫۱۲۴۰۷	−۱۳٫۹۰۶۹۸	−۳۵٫۲۲۶۳۵
$LNPGAS$	−۰٫۸۷۷۴۷۵ (−۱٫۵۰ ۲۲۱۲)		
$LNSGDP$	۰٫۳۲۹۶۵۷ (۱٫۶۳۸۲۹۹)		
$LNDGAS$ (−۱)	۰٫۵۴۰۸۷۸ (۲٫۰ ۲۷۱۰۹)		
$LNPOIL$	۱٫۴۱۷۷۴۹ (۲٫۱۲۷۰۵۶)		
	$R^2 = ۰٫۹۸۶۴۹۸$		

جدول ۲. کشش‌های قیمتی و درآمدی گاز طبیعی.

کشش	بخش	کوتاه‌مدت	بلندمدت
قیمتی	هر ۳ بخش	−۰٫۸۷۷۴۷۵	−۱٫۹۱۱۲۰۲
درآمدی	هر ۳ بخش	۰٫۳۲۹۶۵۷	۰٫۷۱۸۰۱۶

چنان که از لحاظ نظری انتظار می‌رفت، علامت ضریب $LNPOIL$ مثبت است و این بدان معنی است که مصرف گاز طبیعی با افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی افزایش می‌یابد، و بدین‌ترتیب مدل بالا بر فرضیه‌ی جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی صحه می‌گذارد. کشش‌های قیمتی و درآمدی این مدل در جدول ۲ ارائه شده است.

۲.۳.۴. بنزین

$$LNDBEN = \alpha + \beta_0 LNPBEN + \beta_1 LNSGDP + \beta_2 LNDBEN(-1) + \beta_3 LNPGAS(-1) \qquad (۸)$$

در این معادله، متغیرهای $LNDBEN$، $LNPBEN$، $LNSGDP$، $LNDBEN(-1)$ و $LNPGAS(-1)$ به‌ترتیب معرف لگاریتم تقاضای بنزین، لگاریتم قیمت واقعی بنزین، لگاریتم ارزش افزوده، لگاریتم تقاضای بنزین در دوره‌ی قبل و لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی در دوره‌ی قبل هستند. معادله‌ی ۸ به‌روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) به‌صورت عرض از مبدأ مشترک برآورد شده است. نتایج تخمین مدل برای سه بخش اقتصادی مصرف‌کننده‌ی گاز طبیعی در جدول ۳ ارائه شده است.

مقادیر به دست آمده برای عرض از مبدأ و ضرایب متغیرها در جدول ۳ مناسب هستند. مقادیر تخمین زده شده به‌جز عرض از مبدأها در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار هستند. همچنین ضریب R^2 قدرت توضیح‌دهندگی مدل را بسیار مناسب ارزیابی می‌کند.

جدول ۴ بیان‌گر کشش‌های قیمتی و درآمدی کوتاه‌مدت و بلندمدت به دست‌آمده از مدل‌های فوق برای بنزین است.

جدول ۳. نتایج تخمین ضرایب مدل بنزین.

متغیر	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
عرض از مبدأ	۰٫۲۴۲۴۵۸ (۰٫۹۳۸۱۷۸)	۰٫۲۴۲۴۵۸ (۰٫۹۳۸۱۷۸)	۰٫۲۴۲۴۵۸ (۰٫۹۳۸۱۷۸)
$LNPBEN$	−۰٫۰۱۴۳۴۴ (−۰٫۹۶۶۴۴۶)	−۰٫۳۰۸۷۹۸ (−۲٫۴۱۸۹۳۵)	−۰٫۱۸۹۳ (−۱٫۲۸۳۴۵۲)
$LNSGDP$	۰٫۳۱۹۳۶۷ (۱٫۵۶۷۷۱۵)	۰٫۱۶۷۹۲۴ (۱٫۱۱۱۹۹۸)	۰٫۴۷۳۶۷۶ (۱٫۳۲۷۶۹۷)
$LNDBEN$ (-1)	۰٫۸۳۰۴۷۵ (۵٫۷۹۸۴۵۱)	۰٫۰۱۲۹۵۳ (۱٫۱۵۴۵۹۰)	۰٫۸۶۰۴۲۹ (۳٫۲۶۰۰۶۳)
$LNPGAS$ (-1)	−۰٫۱۶۲۳۵۳ (−۱٫۴۰۳۷۲۲)	۰٫۱۸۴۸۱۳ (۱٫۷۳۸۵۰۳)	۰٫۰۵۶۵۶۷ (۲٫۲۳۵۶۱۷)
	$R^2 = ۰٫۹۹۹۹۹۲$		

جدول ۴. کشش‌های قیمتی و درآمدی بنزین.

کشش	بخش	کوتاه‌مدت	بلندمدت
قیمتی	خانگی-تجاری	−۰٫۰۱۴۳۴۴	−۰٫۰۸۴۶۱۲
	صنعت	−۰٫۳۰۸۷۹۸	−۰٫۳۱۲۸۵۰
	حمل‌ونقل	−۰٫۱۸۹۳	−۱٫۳۵۶۲۹۸
درآمدی	خانگی-تجاری	۰٫۱۳۹۳۶۷	۱٫۸۸۳۸۹۳
	صنعت	۰٫۱۶۷۹۲۴	۰٫۱۷۰۱۲۷
	حمل‌ونقل	۰٫۴۷۳۶۷۶	۳٫۳۹۳۷۹۹

۳.۳.۴ نفت سفید

$$LNDKER = \alpha + \beta_0 LNPKER + \beta_1 LNPCGDP + \beta_2 LNDKER(-1) + \beta_3 LNPGAS \quad (۹)$$

در این معادله، متغیرهای $LNDKER$، $LNPKER$، $LNPCGDP$، $LNDKER(-1)$ و $LNPGAS$ به‌ترتیب معرف لگاریتم تقاضای نفت سفید، لگاریتم قیمت واقعی نفت سفید، لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه، لگاریتم تقاضای نفت سفید در دوره‌ی قبل و لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی هستند. معادله‌ی ۹ با استفاده از شیوه‌ی رگرسیون ظاهراً نامرتبط و بدون عرض از مبدأ برای مقاطع برآورد شده است. نتایج تخمین برای بخش‌های اقتصادی مختلف در جدول ۵ آمده است.

مقادیر به دست آمده برای ضرایب متغیرها در جدول ۵ مناسب‌اند. مقادیر تخمین زده شده در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار هستند. همچنین ضریب R^2 قدرت توضیح‌دهندگی مدل را بسیار مناسب ارزیابی می‌کند. جدول ۶ بیان‌گر کشش‌های قیمتی و درآمدی کوتاه‌مدت و بلندمدت به دست‌آمده از مدل نفت سفید است.

۴.۳.۴ نفت گاز

$$LNDGOI = \alpha + \beta_0 LNPGOI + \beta_1 LNSGDP + \beta_2 LNDGOI(-1) + \beta_3 LNPGAS \quad (۱۰)$$

در این معادله، متغیرهای $LNDGOI$، $LNPGOI$، $LNSGDP$، $LNDGOI(-1)$ و $LNPGAS$ به‌ترتیب معرف لگاریتم تقاضای نفت گاز،

جدول ۵. نتایج تخمین ضرایب مدل نفت سفید.

متغیر	خانگی-تجاری	صنعت
$LNPKER$	−۰٫۱۱۷۷۰۴ (−۱٫۸۷۲۷)	−۰٫۴۴۷۳۰۹ (−۲٫۵۲۸۸۵۲)
$LNPCGDP$	۰٫۱۲۷۸۱۳ (۱٫۴۲۱۷۵۳)	۰٫۶۰۳۴۰۳ (۲٫۶۰۷۳۲۴)
$LNDKER(-1)$	۰٫۹۶۰۶۳۷ (۵٫۲۶۶۳۶۱)	۰٫۸۹۶۱۹۷ (۹٫۱۳۱۵۱۹)
$LNPGAS$	۰٫۰۲۸۶۴۴ (۱٫۹۷۵۰۳۹)	۰٫۰۲۸۶۴۴ (۱٫۹۷۵۰۳۹)
	$R^2 = ۰٫۹۹۵۶۷$	

جدول ۶. کشش‌های قیمتی و درآمدی نفت سفید.

کشش	بخش	کوتاه‌مدت	بلندمدت
قیمتی	خانگی-تجاری	−۰٫۱۱۷۷۰۴	۲٫۹۹۰۲۱۹
	صنعت	−۰٫۴۴۷۳۰۹	−۴٫۳۰۹۲۱۰
درآمدی	خانگی-تجاری	۰٫۱۲۷۸۱۳	۳٫۲۴۷۰۳۴
	صنعت	۰٫۶۰۳۴۰۳	۵٫۸۱۲۹۶۳

لگاریتم قیمت واقعی نفت گاز، لگاریتم ارزش افزوده، لگاریتم تقاضای نفت گاز در دوره‌ی قبل و لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی هستند. معادله‌ی ۱۰ به‌روش ضرایب ثابت برای مقاطع و عرض از مبدأ با اثرات ثابت و با استفاده از شیوه‌ی رگرسیون ظاهراً نامرتبط برآورد شده است. نتایج تخمین برای بخش‌های اقتصادی مختلف در جدول ۷ ذکر شده است. مقادیر به دست آمده برای عرض از مبدأ و ضرایب متغیرها در جدول ۷ مناسب هستند. مقادیر تخمین زده شده به غیر از عرض از مبدأها در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار هستند. همچنین ضریب R^2 قدرت توضیح‌دهندگی مدل را بسیار مناسب ارزیابی می‌کند. جدول ۸ بیان‌گر کشش‌های قیمتی و درآمدی کوتاه‌مدت و بلندمدت به دست‌آمده از مدل نفت گاز است.

جدول ۷. نتایج تخمین ضرایب مدل نفت گاز.

متغیر	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
عرض از مبدأ	−۰٫۱۱۶۹۵۳	−۰٫۱۲۱۸۳۸	۲٫۷۷۱۵۰۷
$LNPGOI$		−۰٫۱۵۹۴۷۷ (−۱٫۸۸۴۵۶۱)	
$LNSGDP$		۰٫۴۵۳۴۹۶ (۳٫۵۶۵۱۶۷)	
$LNDGOI$ (-1)		۰٫۱۲۱۵۱۱ (۱٫۶۲۰۴۴۹)	
$LNPGAS$		۰٫۰۴۷۳۲۱ (۱٫۵۱۶۲۱۲)	
		$R^2 = ۰٫۹۸۶۲۹۳$	

جدول ۸. کشش‌های قیمتی و درآمدی نفت گاز.

کشش	بخش	کوتاه‌مدت	بلندمدت
قیمتی	هر ۳ بخش	−۰٫۱۵۹۴۷۷	−۰٫۱۸۱۵۳۵
درآمدی	هر ۳ بخش	۰٫۴۵۳۴۹۶	۰٫۵۱۶۲۲۲

۵.۳.۴. نفت کوره

$$LNDFOI = \alpha + \beta_0 LNPFOI + \beta_1 LNGDP + \beta_2 LNDFOI(-1) + \beta_3 LNPGAS \quad (11)$$

در این معادله، متغیرهای $LNDFOI$، $LNPFOI$ $LNGDP$، $LNDFOI(-1)$ و $LNPGAS$ به‌ترتیب معرف لگاریتم تقاضای نفت کوره، لگاریتم قیمت واقعی نفت کوره، لگاریتم تولید ناخالص داخلی، لگاریتم تقاضای نفت کوره در دوره‌ی قبل و لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی هستند. معادله‌ی ۱۱ به‌روش حداقل مربعات آمیخته و بدون عرض از مبدأ برای مقاطع برآورد شده است. نتایج تخمین برای بخش‌های اقتصادی مختلف در جدول ۹ ارائه شده است. مقادیر به دست آمده برای ضرایب متغیرها در جدول ۹ مناسب هستند. مقادیر تخمین زده شده در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار هستند. همچنین ضریب R^2 قدرت توضیح‌دهندگی مدل را بسیار مناسب ارزیابی می‌کند. جدول ۱۰ بیان‌گر کشش‌های قیمتی و درآمدی کوتاه‌مدت و بلندمدت به دست‌آمده از مدل نفت کوره است.

۶.۳.۴. گاز مایع

$$LNDLPG = \alpha + \beta_0 LNPLPG + \beta_1 LNSGDP + \beta_2 LNDLPG(-1) + \beta_3 LNPGAS \quad (12)$$

در این معادله، متغیرهای $LNDLPG$، $LNPLPG$، $LNSGDP$، $LNDLPG(-1)$ و $LNPGAS$ به‌ترتیب معرف لگاریتم تقاضای گاز مایع، لگاریتم قیمت واقعی گاز مایع، لگاریتم ارزش افزوده، لگاریتم تقاضای گاز مایع در دوره‌ی قبل و لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی هستند. معادله‌ی ۱۲ به‌روش حداقل مربعات آمیخته و بدون عرض از مبدأ برای مقاطع برآورد شده است. نتایج

جدول ۹. نتایج تخمین ضرایب مدل نفت کوره.

متغیر	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
$LNPFOI$	−۰٫۰۹۵۸۸ (−۱٫۴۸۵۱۶)	−۰٫۰۹۵۸۸ (−۱٫۴۸۵۱۶)	−۰٫۰۹۵۸۸ (−۱٫۴۸۵۱۶)
$LNGDP$	۰٫۰۱۷۸۴۹ (۱٫۷۶۸۹۷۹)	۰٫۲۶۲۳۵۴ (۱٫۹۵۲۰۷۷)	۰٫۲۰۷۶۰۱ (۱٫۷۷۶۵۱۸)
$LNDFOI(-1)$	۰٫۹۴۲۷۶۹ (۷٫۶۶۱۹۷)	۰٫۱۱۲۷۹۱ (۲٫۷۹۴۵۵۴)	۰٫۴۳۴۷۵۷ (۱٫۴۳۲۷۶۱)
$LNPGAS$	۰٫۰۸۸۵۸۸ (۱٫۳۰۵۸۳۵)	۰٫۰۸۸۵۸۸ (۱٫۳۰۵۸۳۵)	۰٫۰۸۸۵۸۸ (۱٫۳۰۵۸۳۵)
	$R^2 = ۰٫۹۹۰۵۶۷$		

جدول ۱۰. کشش‌های قیمتی و درآمدی نفت کوره.

کشش	بخش	کوتاه‌مدت	بلندمدت
قیمتی	خانگی-تجاری	−۰٫۰۹۵۸۸	−۱٫۶۷۵۳۱۵
	صنعت	−۰٫۰۹۵۸۸	−۰٫۱۰۸۰۶۹
	حمل‌ونقل	−۰٫۰۹۵۸۸	−۰٫۱۶۹۶۲۶
درآمدی	خانگی-تجاری	۰٫۰۱۷۸۴۹	۰٫۳۱۱۸۷۶
	صنعت	۰٫۲۶۲۳۵۴	۰٫۲۹۵۷۰۷
	حمل‌ونقل	۰٫۲۰۷۶۰۱	۰٫۳۶۷۲۷۷

جدول ۱۱. نتایج تخمین ضرایب مدل گاز مایع.

متغیر	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
$LNPLPG$	−۰٫۲۵۱۲۱۳ (−۱٫۹۷۰۰۴۷)	−۰٫۲۵۱۲۱۳ (−۱٫۹۷۰۰۴۷)	−۰٫۲۵۱۲۱۳ (−۱٫۹۷۰۰۴۷)
$LNSGDP$	۰٫۴۴۶۹۳۹ (۱٫۴۲۰۴۷۷)	۰٫۴۱۴۶۹۵ (۱٫۲۹۹۵۵۶)	۰٫۵۲۵۲۲۲ (۱٫۷۳۹۳۴۷)
$LNDLPG(-1)$	۰٫۶۴۵۱۷۲ (۲٫۷۹۴۶۴۷)	۰٫۶۰۰۴۹۸ (۳٫۶۹۷۴۹۹)	۰٫۴۰۳۲۳۹ (۱٫۷۳۴۶۴۲)
$LNPGAS$	۰٫۰۷۱۷۵۶ (۱٫۴۹۷۹۱۲)	۰٫۰۶۶۸۰۳ (۲٫۳۹۹۵۳۳)	۰٫۳۳۳۷۹۴ (۱٫۰۰۶۲۹۲)
	$R^2 = ۰٫۹۸۳۰۷۷$		

جدول ۱۲. کشش‌های قیمتی و درآمدی گاز مایع.

کشش	بخش	کوتاه‌مدت	بلندمدت
قیمتی	خانگی-تجاری	−۰٫۲۵۱۲۱۳	۰٫۷۰۷۹۸۵
	صنعت	−۰٫۲۵۱۲۱۳	−۰٫۶۲۸۸۱۵
	حمل‌ونقل	−۰٫۲۵۱۲۱۳	−۰٫۴۲۰۹۶۰
درآمدی	خانگی-تجاری	۰٫۴۴۶۹۳۹	۱٫۲۵۹۵۹۳
	صنعت	۰٫۴۱۴۶۹۵	۱٫۰۳۸۰۲۹
	حمل‌ونقل	۰٫۵۲۵۲۲۲	۰٫۸۸۰۱۲۱

تخمین برای بخش‌های اقتصادی مختلف در جدول ۱۱ ذکر شده است. مقادیر به دست آمده برای ضرایب متغیرها در جدول ۱۱ مناسب هستند. مقادیر تخمین زده شده در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار هستند. همچنین ضریب R^2 قدرت توضیح‌دهندگی مدل را بسیار مناسب ارزیابی می‌کند.

جدول ۱۲ بیان‌گر کشش‌های قیمتی و درآمدی کوتاه‌مدت و بلندمدت به دست‌آمده از مدل گاز مایع است.

۴.۴. پیش‌بینی تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی

چنان‌که نتایج محاسبات در بخش قبل نشان می‌دهد، به‌طورکلی طی ۱۶ سال گذشته رابطه‌ی نزدیکی میان مصرف انرژی (گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی) با مصرف دوره‌ی قبل، قیمت انرژی، ارزش‌افزوده‌ی بخش‌های اقتصادی، و همچنین قیمت حامل‌های انرژی جانشین در بازار انرژی وجود دارد. به‌منظور پیش‌بینی میزان مصرف گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در ۴ بخش اقتصادی مطروحه تا سال ۱۳۹۵، ابتدا مقدار متغیرهای مستقل مدل‌ها تا سال ۱۳۹۵ پیش‌بینی، و سپس با جای‌گذاری آن‌ها در مدل‌ها، تقاضای آتی انرژی در بخش‌ها تخمین زده شده‌اند. نتایج پیش‌بینی تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در بخش‌های مختلف اقتصادی در جداول ۱۳ تا ۱۸ موجود است.

۵. مدل‌سازی تابع ترانسلوگ

در این بخش، هدف دست‌یابی به کشش‌های قیمتی متقاطع گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی است که طبق فرمول مطرح‌شده در این بخش قابل محاسبه است.

جدول ۱۳. تقاضای گاز طبیعی (میلیون بشکه معادل نفت خام).

سال	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
۱۳۸۴	۲۱۷٫۳۵۲۷	۹۲٫۵۳۵۶	۰٫۵۴۵۷۲۳
۱۳۸۵	۲۲۲٫۰۱۳۳	۹۹٫۸۳۲۹۹	۰٫۶۱۶۶۷۳
۱۳۸۶	۲۲۷٫۰۶۲	۱۰۶٫۴۱۴۲	۰٫۷۲۳۰۲۵
۱۳۸۷	۲۳۲٫۰۱۳۳	۱۱۲٫۳۳۸۱	۰٫۸۵۵۵۹۷
۱۳۸۸	۲۳۶٫۶۵۳۱	۱۱۷٫۶۷۶۱	۱٫۰۰۸۷۳۵
۱۳۸۹	۲۴۰٫۹۰۶	۱۲۲٫۴۹۹۵	۱٫۱۷۸۳۷۲
۱۳۹۰	۲۴۴٫۷۶۳۹	۱۲۶٫۸۷۳۸	۱٫۳۶۱۴۰۷
۱۳۹۱	۲۴۸٫۲۵۰۲	۱۳۰٫۸۵۶۳	۱٫۵۵۵۴۴۳
۱۳۹۲	۲۵۱٫۴	۱۳۴٫۴۹۶۷	۱٫۷۵۸۶۱۶
۱۳۹۳	۲۵۴٫۲۵۰۹	۱۳۷٫۸۳۷۱	۱٫۹۶۹۴۶۵
۱۳۹۴	۲۵۶٫۸۳۸۷	۱۴۰٫۹۱۳۲	۲٫۱۸۶۸۳۱
۱۳۹۵	۲۵۹٫۱۹۵۷	۱۴۳٫۷۵۵۵	۲٫۴۰۹۷۷۳

جدول ۱۴. تقاضای بنزین (میلیون بشکه معادل نفت خام).

سال	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
۱۳۸۴	۰٫۸۴۰۸۲۹۹۶۵	۰٫۲۸۹۴۳۴۵۷۶	۱۴۶٫۰۶۲۶۵۰۶
۱۳۸۵	۰٫۸۷۳۹۱۹۳۶۶	۰٫۲۸۷۳۷۶۲۵۶	۱۵۴٫۱۴۱۶۱۲۹
۱۳۸۶	۰٫۹۰۶۱۷۵۷۷۱	۰٫۲۸۵۴۷۰۱۲۴	۱۶۱٫۳۰۰۰۷۲۳
۱۳۸۷	۰٫۹۳۷۱۸۵۸۵۶	۰٫۲۸۳۸۴۵۱۴۳	۱۶۷٫۵۵۳۴۸۰۳
۱۳۸۸	۰٫۹۶۶۶۸۰۷۸۱	۰٫۲۸۲۴۴۴۷۱۵	۱۷۲٫۹۴۱۵۰۷۵
۱۳۸۹	۰٫۹۹۴۵۰۰۳۳۵	۰٫۲۸۱۲۲۵۰۸۳	۱۷۷٫۵۲۰۱۵۰۴
۱۳۹۰	۱٫۰۲۰۵۶۵۹۲۳	۰٫۲۸۰۱۵۳۱۹۴	۱۸۱٫۳۵۵۲۵۲۱
۱۳۹۱	۱٫۰۴۴۸۵۹۶۰۵	۰٫۲۷۹۲۰۳۶۲۱	۱۸۴٫۵۱۷۴۲۰۱
۱۳۹۲	۱٫۰۶۷۴۰۷۶۴۷	۰٫۲۷۸۳۵۶۴۷۶	۱۸۷٫۰۷۸۲۱۴۹
۱۳۹۳	۱٫۰۸۸۲۶۷۵۷۲	۰٫۲۷۷۵۹۵۹۷۳	۱۸۹٫۱۰۷۴۲۶۷
۱۳۹۴	۱٫۱۰۷۵۱۸۰۳۱	۰٫۲۷۶۹۰۹۴۲۵	۱۹۰٫۶۷۱۲۴۰۹
۱۳۹۵	۱٫۱۲۵۲۵۰۹۶	۰٫۲۷۶۲۸۶۵۱۱	۱۹۱٫۸۳۱۱۰۴۴

جدول ۱۵. تقاضای نفت سفید (میلیون بشکه معادل نفت خام).

سال	خانگی-تجاری	صنعت
۱۳۸۴	۴۶٫۹۰۹۶۹۲۰۸	۰٫۱۳۵۳۰۳۷۰۴
۱۳۸۵	۴۵٫۸۱۷۰۴۹۸	۰٫۱۲۷۹۵۵۷۰۷
۱۳۸۶	۴۴٫۷۷۴۱۹۴۸۴	۰٫۱۲۲۱۲۱۲۴۴
۱۳۸۷	۴۳٫۷۷۳۹۱۳۱	۰٫۱۱۷۴۵۳۶۴۹
۱۳۸۸	۴۲٫۸۱۰۵۶۶۶۵	۰٫۱۱۳۷۰۰۳۲۳
۱۳۸۹	۴۱٫۸۷۹۶۷۲۶۷	۰٫۱۱۰۶۷۳۲
۱۳۹۰	۴۰٫۹۷۷۶۱۳۶۷	۰٫۱۰۸۲۲۹۵۹۵
۱۳۹۱	۴۰٫۱۰۱۴۳۲۸۲	۰٫۱۰۶۲۵۹۴۳۹
۱۳۹۲	۳۹٫۲۴۸۶۸۶۱۴	۰٫۱۰۴۶۷۶۵۷
۱۳۹۳	۳۸٫۴۱۷۳۳۳۶۶	۰٫۱۰۳۴۱۲۶۵
۱۳۹۴	۳۷٫۶۰۵۶۵۷۷۵	۰٫۱۰۲۴۱۲۸۵۳
۱۳۹۵	۳۶٫۸۱۲۲۰۱۰۲	۰٫۱۰۱۶۳۲۷۳۵

جدول ۱۶. تقاضای نفت گاز (میلیون بشکه معادل نفت خام).

سال	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
۱۳۸۴	۲۲٫۳۴۲۸۸۷۵۲	۱۷٫۰۲۶۹۱۰۴۶	۱۰۰٫۱۶۰۹۵۲۳
۱۳۸۵	۲۲٫۹۰۹۵۲۶۶۳	۱۷٫۱۷۲۵۳۵۳۹	۱۰۲٫۰۳۸۱۷۴۶
۱۳۸۶	۲۳٫۰۹۵۱۶۵۸۶	۱۷٫۳۱۰۲۰۹۰۴	۱۰۳٫۷۰۸۸۲۸۷
۱۳۸۷	۲۳٫۲۱۶۵۹۳۴۳	۱۷٫۴۲۸۳۷۳۷	۱۰۵٫۰۹۳۵۹۴۷
۱۳۸۸	۲۳٫۳۱۶۶۰۴۶۱	۱۷٫۵۲۹۵۹۱۳	۱۰۶٫۲۴۳۸۰۸۸
۱۳۸۹	۲۳٫۴۰۳۰۵۵۱۹	۱۷٫۶۱۷۰۹۴۶۶	۱۰۷٫۲۰۹۵۲۱۳
۱۳۹۰	۲۳٫۴۷۸۸۸۸۳۱	۱۷٫۶۹۳۴۶۸۶۶	۱۰۸٫۰۲۸۹۳۱۱
۱۳۹۱	۲۳٫۵۴۵۹۹۴۵۸	۱۷٫۷۶۰۷۰۳۱۷	۱۰۸٫۷۳۰۷۲۳۹
۱۳۹۲	۲۳٫۶۰۵۸۰۵۸۵	۱۷٫۸۲۰۳۴۲۸۲	۱۰۹٫۳۳۶۷۲۴۳
۱۳۹۳	۲۳٫۶۵۹۴۵۲۲۵	۱۷٫۸۷۳۶۰۳۳۳	۱۰۹٫۸۶۳۸۰۲
۱۳۹۴	۲۳٫۷۰۷۸۴۱۱۵	۱۷٫۹۲۱۴۵۴۴	۱۱۰٫۳۲۵۱۸۸۵
۱۳۹۵	۲۳٫۷۵۱۷۰۹۹۶	۱۷٫۹۶۴۶۷۸۹	۱۱۰٫۷۳۱۳۹۷۶

جدول ۱۷. تقاضای نفت کوره (میلیون بشکه معادل نفت خام).

سال	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
۱۳۸۴	۸٫۶۳۶۵۱۵۲۷۶	۳۸٫۲۹۹۵۶۷۷۴	۳٫۹۹۹۶۹۵۳۳۵
۱۳۸۵	۸٫۵۳۱۸۸۳۸۴۷	۳۸٫۳۸۹۴۷۸۵۸	۴٫۱۲۵۴۴۲۱۷۹
۱۳۸۶	۸٫۴۳۱۸۱۸۸۴۳	۳۸٫۴۳۰۳۶۵۱۸	۴٫۱۸۰۹۸۰۸۸۲
۱۳۸۷	۸٫۳۳۶۳۷۰۶۹	۳۸٫۴۵۹۳۹۴۲۶	۴٫۲۰۲۹۸۴۵۱۹
۱۳۸۸	۸٫۲۴۵۵۰۴۷۵۴	۳۸٫۴۸۲۳۷۴۲۴	۴٫۲۰۸۸۷۳۲۷۵
۱۳۸۹	۸٫۱۵۹۱۲۹۴۷۶	۳۸٫۵۰۱۰۸۸۶۲	۴٫۲۰۶۸۴۱۸۵۹
۱۳۹۰	۸٫۰۷۷۱۱۵۷۶۳	۳۸٫۵۱۶۵۴۸۷۱	۴٫۲۰۰۷۹۶۳۳۸
۱۳۹۱	۷٫۹۹۹۳۱۰۵۳	۳۸٫۵۲۹۴۶۲۵۹	۴٫۱۹۲۶۵۴۸۷۹
۱۳۹۲	۷٫۹۲۵۵۴۶۲۳۸	۳۸٫۵۴۰۳۵۳۷۲	۴٫۱۸۳۴۰۱۴۰۷
۱۳۹۳	۷٫۸۵۵۶۴۷۶۳۴	۳۸٫۵۴۹۶۱۷۷۶	۴٫۱۷۳۵۶۸۵۶۱
۱۳۹۴	۷٫۷۸۹۴۳۶۵۴۱	۳۸٫۵۵۷۵۵۸۴۷	۴٫۱۶۳۴۶۱۹۷۷
۱۳۹۵	۷٫۷۲۶۷۳۵۲۳۲	۳۸٫۵۶۴۴۱۲۲۴	۴٫۱۵۳۲۶۶۹۶۸

جدول ۱۸. تقاضای گاز مایع (میلیون بشکه معادل نفت خام).

سال	خانگی-تجاری	صنعت	حمل‌ونقل
۱۳۸۴	۲۲٫۰۰۷۸۶۷۵۵	۲٫۳۸۸۴۴۱۵۲۱	۳٫۳۷۸۲۵۸۶۷۹
۱۳۸۵	۲۲٫۸۶۵۱۷۱۲۴	۲٫۳۱۲۲۶۸۷	۳٫۶۷۰۸۱۰۹۵۸
۱۳۸۶	۲۳٫۴۹۳۵۶۱۹۳	۲٫۲۵۱۲۰۱۵۹۸	۳٫۹۴۵۸۷۱۵۷۶
۱۳۸۷	۲۳٫۹۵۷۹۶۵۷	۲٫۲۰۲۱۸۷۰۸۸	۴٫۱۹۹۳۶۸۵۸۶
۱۳۸۸	۲۴٫۳۰۵۸۷۸۸۸	۲٫۱۶۳۰۰۳۵۳۵	۴٫۴۲۹۸۵۷۲۳۳
۱۳۸۹	۲۴٫۵۷۱۱۳۶۹۶	۲٫۱۳۱۹۹۶۴۷۹	۴٫۶۳۷۶۰۵۹۸۶
۱۳۹۰	۲۴٫۷۷۴۹۲۴۲	۲٫۱۰۷۹۰۹۸۵۵	۴٫۸۲۳۹۰۵۰۵۶
۱۳۹۱	۲۴٫۹۴۱۵۰۴۴۳	۲٫۰۸۹۷۷۴۶۱۸	۴٫۹۹۰۵۷۴۵۸۹
۱۳۹۲	۲۵٫۰۷۴۷۰۰۴۸	۲٫۰۷۶۸۳۳۱۳۶	۵٫۱۳۹۶۳۶۶۰۹
۱۳۹۳	۲۵٫۱۸۵۱۲۶۸۹	۲٫۰۶۸۴۸۶۵۹۱	۵٫۲۷۳۱۱۰۹۸۷
۱۳۹۴	۲۵٫۲۷۸۴۳۴۱۳	۲٫۰۶۴۲۵۷۵۹۶	۵٫۳۹۲۸۹۹۲۹۸
۱۳۹۵	۲۵٫۳۵۸۶۲۵۶۹	۲٫۰۶۳۷۶۳۱۲۲	۵٫۵۰۰۷۲۷۳۷۹

لازم به ذکر است که مثبت‌بودن کشش‌های به دست‌آمده حکایت از جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی خواهد داشت.

۱.۵. ساختار مدل

در بررسی‌های اقتصادسنجی مدل‌های تقاضای انرژی دارای چند معیار مناسب برای ارزیابی مدل است. ازجمله‌ی این معیارها می‌توان به مواردی چون انعطاف‌پذیری، سازگاری با نظریه، قابلیت کاربرد، امکانات محاسباتی و تأیید واقعیات اشاره کرد. همه‌ی توابع با کشش جانشینی ثابت (CES) تا حدودی دارای این معیارها هستند. در این توابع فقط یک یا دو عامل تولید به‌عنوان ابزار تحلیل در مدل وارد می‌شوند و بیشتر این مدل‌ها برای بررسی جایگزینی بین سرمایه و نیروی کار به کار گرفته می‌شوند.

بعدها محققین مدل‌هایی با بیش از دو عامل تولید و با اعمال محدودیت‌های بیشتری برای توابع CES ارائه دادند که توابع ترانسلوگ از آن جمله است. در بررسی توابع، تابع کاب‌داگلاس و CES از انعطاف لازم برخوردار نیستند، زیرا در این مدل‌ها کشش‌های جزئی جانشینی (σ_{ij}) بین دو نهاد X_i و X_j برای تمام مقادیر i و j یکسان است، در حالی که در توابع ترانسلوگ علاوه بر آن که محدودیت یادشده را ندارند، نتایج تجربی حاصله نشان داده است که برای مدل‌های انرژی بسیار مناسب است. توابع ترانسلوگ نسبت به لگاریتم مقادیر نهاده‌ها و ستاده‌ها از درجه‌ی ۲ هستند.[۱۵] بدین‌ترتیب که اگر در تابع هزینه از ۶ عامل اصلی تولید یعنی گاز طبیعی (GAS)، بنزین (BEN)، نفت سفید (KER)، نفت گاز (GOI)، نفت کوره (FOI) و گاز مایع (LPG) استفاده شود و قیمت هریک P_{GAS}، P_{BEN}، P_{KER}، P_{GOI}، P_{FOI} و P_{LPG} باشد، در این صورت تابع هزینه‌ی ترانسلوگ به‌صورت رابطه‌ی ۱۳ خواهد بود:

$$\ln TC = \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \sum_i \alpha_i \ln p_i + \frac{1}{2}\sum_i\sum_j \alpha_{ij} \ln p_i \ln p_j + \sum_i \alpha_{iQ} \ln p_i \ln Q + \frac{1}{2}\alpha_{QQ}(\ln Q)^2$$
$$i = GAS, BEN, KER, GOI, FOI, LPG \qquad (۱۳)$$

که در آن، TC مخارج انرژی بخش و Q میزان ارزش‌افزوده بخش است. به‌منظور بررسی تابع ترانسلوگ انرژی، مفروضاتی باید بر مدل فوق اعمال شوند که عبارت‌اند از:

۱. تفکیک‌پذیری ضعیف. در این حالت فرض می‌شود که نرخ نهایی جانشینی بین حامل‌های مختلف انرژی مستقل است. بدین‌ترتیب هرگونه جایگزینی بین حامل‌های مختلف انرژی در معادله‌ی ۱۳ روی سایر عوامل تولید اثر نخواهد گذاشت.

۲. خنثی‌بودن تغییرات فنی. اگر تغییرات فنی در مصرف یا صرفه‌جویی نهاده تأثیری نداشته باشد، می‌گوییم تغییرات از نوع خنثی است.

۳. بازده ثابت نسبت به مقیاس. توابع با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس خاصیت نظری جالبی دارند مبنی بر این که نرخ نهایی جانشینی منفی (RTS) بین عوامل در نهاده‌ها تنها بستگی به نسبت دو نهاده دارد، نه به مقیاس تولید.

۴. همگن‌بودن تابع ترانسلوگ نسبت به قیمت‌ها.

$$\sum_i \alpha_i = 1$$

$$\sum_i \alpha_{ij} = \sum_j \alpha_{ji} = \sum_i \alpha_{iQ} = 0 \qquad (۱۴)$$

۵. مشتق‌پذیر بودن مرتبه‌ی اول و دوم تابع ترانسلوگ.

با اعمال فرضیه‌های فوق و به دست‌آوردن مشتق مراتب اول و دوم تابع ترانسلوگ، ساختار سهمی تابع به دست خواهد آمد. توابع سهمی هریک از عوامل هزینه به‌صورت رابطه‌ی ۱۵ خواهد بود:

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \alpha_{ij} \ln p_j + \alpha_{iQ} \ln Q \qquad (۱۵)$$

که در آن S_i سهم هزینه‌ی عامل تولید i است. اعمال فرض فوق نتیجه‌ی زیر را به‌دنبال خواهد داشت:

$$\sum_i S_i = 1 \qquad i = \text{حامل‌های مختلف انرژی} \qquad (۱۶)$$

با توجه به محدودیت یادشده کافی است $n-1$ معادله از معادلات سهمی را برآورد کرده و معادله‌ی mام را با توجه به قیدهای اعمال‌شده در تابع محاسبه کنیم. به‌منظور برآورد کارآیی ضرایب تابع هزینه با استفاده از لم شفارد[۸] ابتدا معادلات سهم هزینه‌ی تابع را به دست آورده و سپس ضرایب آن‌ها را با استفاده از شیوه‌ی رگرسیون ظاهراً نامرتبط به دست می‌آورند. براساس قضیه‌ی لم شفارد، تقاضای بهینه برای نهاده‌ی تولید در سطح هزینه‌ی کمینه را می‌توان با مشتق‌گیری از تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده استخراج کرد، یعنی:

$$X_i = \frac{\partial C}{\partial p_i}$$
$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln p_i} = \frac{\partial C}{\partial p_i} \cdot \frac{p_i}{C} = \frac{p_i X_i}{C} = S_i \qquad (۱۷)$$

بعد از برآورد ضرایب مدل به‌منظور محاسبه‌ی کشش‌های جایگزینی بین نهاده‌های مختلف و همچنین کشش‌های قیمتی عوامل از فرمول آلن در توابع ترانسلوگ استفاده می‌شود:

$$\sigma_{ij} = \frac{a_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j}, i \neq j \qquad i, j = \text{عوامل مختلف تولید} \qquad (۱۸)$$
$$\sigma_{ii} = \frac{\alpha_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2}$$

حالت‌های ممکن در رابطه‌ی ۱۸، عبارت است از:

۱. اگر $\sigma_{ij} > 0$، می‌توان نتیجه گرفت که نهاده‌ی i و j جانشین یکدیگرند؛

۲. اگر $\sigma_{ij} < 0$، می‌توان نتیجه گرفت که نهاده‌ی i و j مکمل یکدیگرند؛

۳. اگر $\sigma_{ij} = 0$، می‌توان نتیجه گرفت که بین دو نهاده‌ی i و j رابطه‌یی وجود ندارد.

محاسبه‌ی کشش‌های قیمتی نهاده‌ها نیز براساس روابط ۱۹ امکان‌پذیر است:

$$\varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} \cdot S_j$$
$$\varepsilon_{ii} = \sigma_{ii} \cdot S_i \qquad (۱۹)$$

بدین‌ترتیب براساس فرمول فوق، کشش‌های قیمتی عبارت خواهد بود از:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\alpha_{ij} + S_i S_j}{S_i}$$
$$\varepsilon_{ii} = \frac{\alpha_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i} \qquad i, j = \text{عوامل مختلف تولید} \qquad (۲۰)$$

جدول ۱۹. نتایج تخمین ضرایب مدل ترانسلوگ بخش خانگی-تجاری (مقادیر داخل پرانتز مربوط به آماره‌ی آزمون t هستند).

ضرایب متغیرها	تخمین ضرایب	ضرایب متغیرها	تخمین ضرایب	ضرایب متغیرها	تخمین ضرایب
α_0	−۶٫۸۸۶۳۹ (−۱٫۸۰۲۲۱۵)	$\alpha_{GAS-KER}$	۰٫۱۱۶۳۳ (۳٫۶۸۵۲۹۴)	$\alpha_{GOI-LPG}$	۰٫۰۰۶۰۸۵ (۰٫۱۱۲۹۳۲)
α_{GAS}	−۱٫۶۷۳۰۰۹ (−۱٫۰۶۱۱۲۰)	$\alpha_{GAS-GOI}$	۰٫۰۵۵۸۶۹ (۱٫۰۸۰۸۸۹)	$\alpha_{LPG-LPG}$	۰٫۰۱۹۵۶۱ (۰٫۰۵۶۳۸۹)
α_{KER}	۰٫۷۷۵۵۲۷ (۱٫۰۸۲۱۳۱)	$\alpha_{GAS-LPG}$	۰٫۰۱۹۱۲۲ (۰٫۱۰۵۷۷۸)	α_{GAS-Q}	۰٫۱۸۷۳۱۱ (۲٫۸۵۳۱۳۲)
α_{GOI}	۰٫۶۳۰۲۹۵ (۰٫۹۰۸۶۹۸)	$\alpha_{KER-KER}$	−۰٫۰۰۶۲۵ (−۳٫۶۹۸۸۸۱)	α_{KER-Q}	−۰٫۰۴۳۲۸۹ (−۱٫۰۷۸۰۲۰)
α_{LPG}	۱٫۲۶۷۱۸۷ (۱٫۰۳۷۷۴۳)	$\alpha_{KER-GOI}$	−۰٫۰۶۵۳۱۱ (−۴٫۲۹۴۲۳۳)	α_{GOI-Q}	−۰٫۰۴۶۰۶۶ (−۱٫۲۳۷۷۶۷)
α_Q	۰٫۲۸۵۹۰۵ (۱٫۲۱۶۶۱۷)	$\alpha_{KER-LPG}$	−۰٫۰۴۴۷۶۹ (−۱٫۲۷۶۲۱۰)	α_{LPG-Q}	−۰٫۰۹۷۹۵۶ (−۱٫۱۴۵۸۸۶)
$\alpha_{GAS-GAS}$	−۰٫۱۹۱۳۲۱ (−۱٫۱۲۳۲۵۷)	$\alpha_{GOI-GOI}$	۰٫۰۰۳۳۵۶ (۳٫۰۱۸۲۵۷)	α_{QQ}	۰٫۱۲۶۱۵۱ (۲٫۹۸۰۹۵۴)

۲.۵. مدل‌های برآورد شده برای بخش‌های اقتصادی

۱.۲.۵. بخش خانگی-تجاری

در مدل‌سازی تابع ترانسلوگ، در بخش اقتصادی «خانگی-تجاری»، مسئله‌ی جانشینی بین گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی با سهم بالاتر در این بخش، یعنی نفت سفید، نفت گاز و گاز مایع مورد بررسی قرار می‌گیرد. براساس معادله‌ی ۱۳، تخمین ضرایب تابع به‌روش نظام‌مند و با شیوه‌ی رگرسیون ظاهراً نامرتبط در جدول ۱۹ ارائه شده است.

کشش قیمتی متقاطع گاز طبیعی و نفت سفید، نفت گاز و گاز مایع در بخش خانگی-تجاری از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۳ طبق رابطه‌ی ۲۰، در جدول ۲۰ ارائه شده است.

کشش‌های قیمتی متقاطع مثبت به دست آمده در جدول ۲۰ نشان می‌دهند که در بخش خانگی-تجاری در سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۳، گاز طبیعی و نفت سفید، گاز طبیعی و نفت گاز، و گاز طبیعی و گاز مایع، حامل‌های انرژی جانشین بوده‌اند. به‌عبارت دیگر، قیمت نفت سفید، نفت گاز و گاز مایع تأثیر مثبتی بر تقاضای گاز طبیعی در این بخش داشته‌اند؛ یعنی افزایش یک درصدی قیمت نفت سفید، نفت گاز و گاز مایع، منجر به افزایش ۰٫۲ تا ۱٫۶ درصدی تقاضای گاز طبیعی شده است.

۲.۲.۵ بخش صنعت

در بخش اقتصادی «صنعت»، مسئله‌ی جانشینی بین گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی با سهم عمده‌تر در این بخش، یعنی نفت گاز و نفت کوره مورد بررسی قرار می‌گیرد. براساس معادله‌ی ۱۳، تخمین ضرایب تابع به روش نظام‌مند و با شیوه‌ی رگرسیون ظاهراً نامرتبط در جدول ۲۱ آمده است. کشش قیمتی متقاطع گاز طبیعی و نفت گاز و نفت کوره در بخش صنعت از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۳ طبق فرمول ۲۰، به شرح جدول ۲۲ است.

کشش‌های قیمتی متقاطع مثبت به دست آمده در جدول ۲۲ نشان می‌دهند که در بخش صنعت، در سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۳، گاز طبیعی و نفت گاز و گاز طبیعی و نفت کوره، حامل‌های انرژی جانشین بوده‌اند. به‌عبارت دیگر، قیمت نفت گاز و نفت کوره، تأثیری مثبت بر تقاضای گاز طبیعی در این بخش داشته‌اند؛ یعنی افزایش یک درصدی قیمت نفت گاز و نفت کوره منجر به افزایش ۰٫۴ تا ۱٫۳ درصدی تقاضای گاز طبیعی شده است.

جدول ۲۰. کشش‌های قیمتی متقاطع در بخش خانگی-تجاری مدل ترانسلوگ.

سال	کشش متقاطع گاز طبیعی نفت سفید	کشش متقاطع گاز طبیعی نفت گاز	کشش متقاطع گاز طبیعی و گاز مایع
۱۳۶۸	۰٫۴۶۴۴۳۰۴۸۹	۰٫۵۱۴۴۳۰۲۶۸	۰٫۲۵۰۵۴۷۲۸۸
۱۳۶۹	۰٫۵۲۶۱۴۹۹۴۵	۰٫۵۴۲۹۲۸۴۶۹	۰٫۲۹۰۵۲۷۱۴۵
۱۳۷۰	۰٫۶۳۹۹۸۷۲۴۶	۰٫۴۲۰۶۲۵۸۴۶	۰٫۲۹۲۳۳۸۶۶۷
۱۳۷۱	۰٫۹۲۲۶۰۱۱۶۹	۰٫۶۹۰۰۰۴۷۷۸	۰٫۵۰۰۰۰۲۱۱۹
۱۳۷۲	۰٫۵۸۴۴۲۶۷۶۱	۰٫۸۷۰۷۶۰۳۹	۰٫۴۴۱۷۵۴۴۶۹
۱۳۷۳	۰٫۸۰۹۲۰۹۴۸	۱٫۱۵۱۳۱۷۶۱۸	۰٫۶۲۲۵۷۰۴۴۳
۱۳۷۴	۰٫۸۴۸۹۰۳۷۷۶	۱٫۱۲۱۳۱۴۳۰۲	۰٫۵۵۶۲۲۳۳۷۵
۱۳۷۵	۰٫۷۶۶۵۹۸۹۱۶	۰٫۹۵۰۱۲۹۸۸۹	۰٫۵۰۵۰۲۱۱۱۶
۱۳۷۶	۰٫۹۵۸۳۴۵۲۵۴	۱٫۱۴۹۸۸۹۸۶	۰٫۶۱۱۱۶۹۱۹۱
۱۳۷۷	۰٫۹۱۷۸۴۳۳۹۱	۰٫۹۹۶۱۵۰۵۲۴	۰٫۶۵۰۵۷۱۹۱۶
۱۳۷۸	۰٫۹۵۳۳۰۸۴۵۳	۱٫۰۸۷۲۶۹۳۵	۰٫۷۱۲۰۲۶۲۱۳
۱۳۷۹	۱٫۰۱۹۳۴۵۳۵۲	۱٫۱۳۱۶۹۴۳۹۷	۰٫۷۰۶۶۳۵۶۱۴
۱۳۸۰	۱٫۰۶۰۶۱۹۰۹۶	۱٫۱۸۵۱۴۴۲۸۹	۰٫۷۴۷۱۱۶۶۹۱
۱۳۸۱	۱٫۱۹۹۷۳۱۱۳	۱٫۳۲۹۴۷۷۷۴۵	۰٫۷۹۲۲۳۴۰۹۴
۱۳۸۲	۱٫۲۴۷۴۶۵۱۶۴	۱٫۳۲۴۶۰۵۹۷۹	۰٫۷۷۲۳۱۰۵۷۵
۱۳۸۳	۱٫۴۲۲۳۲۷۲۵۵	۱٫۵۷۸۶۴۲۴۸۳	۰٫۸۵۷۹۳۵۰۸۲

۶. نتیجه‌گیری

در تابع تخمین زده شده برای تقاضای گاز طبیعی علامت تمامی ضرایب، خصوصاً ضرایب قیمت، با انتظارات نظری هم‌خوانی دارد اما کشش خود قیمتی پائین در بخش‌های خانگی-تجاری و صنعت کاملاً مشهود است. همچنین علامت و مقدار ضریب متغیر قیمت متوسط فرآورده‌های نفتی حکایت از این مطلب مهم دارد که سیاست افزایش قیمت فرآورده‌های نفتی، اگرچه در افزایش تورم جامعه تأثیرگذار است، اما می‌تواند به‌طور هم‌زمان با اتخاذ سیاست به‌کارگیری یارانه‌های هدف‌مند و

جدول ۲۱. نتایج تخمین ضرایب مدل ترانسلوگ بخش صنعت (مقادیر داخل پرانتز مربوط به آماره‌ی آزمون t هستند).

ضرایب متغیرها	تخمین ضرایب	ضرایب متغیرها	تخمین ضرایب	ضرایب متغیرها	تخمین ضرایب
$\alpha_{\circ}$	−۱۰٫۴۸۷۳۷ (−۱٫۳۱۵۰۷۰)	$\alpha_{GAS-GAS}$	−۰٫۰۸۶۵۵۹ (−۶٫۸۷۹۵۸۶)	$\alpha_{FOI-FOI}$	−۰٫۰۲۳۷۱۷ (−۰٫۱۷۱۴۲۵)
α_{GAS}	−۰٫۶۹۲۵۶۹ (−۲٫۹۴۸۳۱۹)	$\alpha_{GAS-GOI}$	۰٫۰۵۰۴۸۵ (۷٫۵۹۲۹۵۹)	α_{GAS-Q}	۰٫۱۱۳۷۷۴ (۵٫۵۱۷۱۶۳)
α_{GOI}	۰٫۷۹۳۹۰۱ (۶٫۳۱۶۶۹۴)	$\alpha_{GAS-FOI}$	۰٫۰۳۶۰۷۴ (۲٫۵۳۴۹۲۲)	α_{GOI-Q}	−۰٫۰۴۷۶۴۵ (−۴٫۲۵۷۲۹۸)
α_{FOI}	۰٫۸۹۸۶۶۸ (۳٫۳۷۳۲۱۹)	$\alpha_{GOI-GOI}$	−۰٫۰۳۸۱۲۸ (−۳٫۲۹۰۶۶۴)	α_{FOI-Q}	−۰٫۰۶۶۱۲۹ (−۲٫۸۱۸۴۵۵)
α_{Q}	۱٫۸۹۹۹۱۲ (۱٫۶۵۰۳۰۲)	$\alpha_{GOH-FOI}$	−۰٫۰۱۲۳۵۷ (−۰٫۹۲۴۹۸۱)	α_{QQ}	−۰٫۱۰۰۰۶۳ (−۱٫۲۱۵۸۴۷)

جدول ۲۲. کشش‌های قیمتی متقاطع در بخش صنعت مدل ترانسلوگ.

سال	کشش متقاطع گاز طبیعی و نفت گاز	کشش متقاطع گاز طبیعی و نفت کوره
۱۳۶۸	۰٫۵۰۷۳۰۶۵۱۳	۰٫۴۳۹۶۰۵۳۳۸
۱۳۶۹	۰٫۵۵۶۷۲۵۰۹۸	۰٫۴۸۹۶۶۶۱۴۲
۱۳۷۰	۰٫۴۳۵۰۳۷۳۴۲	۰٫۴۷۸۱۰۴۱۲۲
۱۳۷۱	۰٫۷۲۴۳۲۴۸۲۹	۰٫۶۱۳۴۵۲۱۰۷
۱۳۷۲	۰٫۹۰۹۷۶۸۳۱	۰٫۷۷۲۶۳۸۶۲۵
۱۳۷۳	۱٫۳۲۵۵۱۵۰۱۸	۱٫۰۶۴۳۲۵۶۲۸
۱۳۷۴	۱٫۲۲۱۳۴۳۷۹۹	۰٫۹۶۰۰۰۱۰۹۸
۱۳۷۵	۰٫۹۶۲۸۳۷۶۹۶	۰٫۸۱۹۵۸۸۷۶۴
۱۳۷۶	۰٫۸۳۰۰۰۳۰۶۲	۰٫۷۷۸۶۶۸۴۱۱
۱۳۷۷	۰٫۷۸۱۷۸۱۶۰۹	۰٫۵۹۹۲۸۳۱۱۹
۱۳۷۸	۰٫۹۱۵۵۲۷۳۰۲	۰٫۷۵۶۷۳۵۱۱۹
۱۳۷۹	۰٫۹۴۲۴۲۶۰۱۲	۰٫۷۹۶۱۰۷۵۳۷
۱۳۸۰	۰٫۹۰۱۷۸۳۵۹۲	۰٫۷۴۴۸۵۸۷۱۷
۱۳۸۱	۰٫۸۷۶۲۱۵۱۰۳	۰٫۷۳۱۳۲۴۹۱
۱۳۸۲	۰٫۸۴۰۲۱۴۶۱۸	۰٫۷۰۸۹۱۲۷۷۱
۱۳۸۳	۰٫۹۳۸۱۱۷۷۶۱	۰٫۸۰۲۰۴۵۵۵۲

افزایش نسبی کم‌تر قیمت گاز طبیعی، بسترسازی لازم برای حرکت به سمت جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی را فراهم کند. در تابع تخمین زده شده برای تقاضای بنزین، مطابق انتظار، کشش قیمتی برای بخش عمده‌ی مصرف‌کننده‌ی این فرآورده‌ی نفتی ــ یعنی بخش حمل‌ونقل ــ بسیار پائین است. در کشور ما، یکی از بارزترین مظاهر توزیع ناعادلانه‌ی یارانه‌ی انرژی، یارانه‌ی بنزین است.

یارانه عبارت‌است از هر مقدار (یا اقدامی) که قیمت مصرف‌کنندگان را زیر قیمت بازار، یا قیمت تولیدکنندگان را بالای قیمت بازار حفظ می‌کند، و یا هزینه‌های مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان را کاهش می‌دهد. بدین‌ترتیب هر عملی که به کاهش قیمت مصرف‌کننده یا کاهش هزینه‌ی تولیدکننده منجر شود، به‌نوعی در قالب یارانه می‌گنجد. مثلاً کمک‌های مستقیم و بلاعوض دولت به بنگاه‌های عرضه‌کننده، تصویب و اعمال قوانین و مقررات حمایتی، اعطای وام‌های با بهره‌ی پایین به تولیدکنندگان و عرضه‌کنندگان، صرف هزینه‌های مربوط به تحقیق و توسعه که معمولاً توسط دولت‌ها انجام می‌شود، تخفیف‌های مالیاتی، تخفیف در تعرفه‌های بازرگانی و حقوق گمرکی، مدیریت و مالکیت دولت بر ذخایر انرژی، هزینه‌های صرف‌شده برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید و مصرف انرژی، و به‌طور کلی تمامی دخالت‌های مستقیم و غیرمستقیم دولت «یارانه» نام می‌گیرد. یارانه‌ها تنها به یارانه‌های قیمتی، مستقیم، نقدی و یا مندرج در بودجه‌ی دولت محدود نمی‌شوند.[۱۶] آمار و ارقام شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران حاکی از آن است که در بخش حمل‌ونقل، هرچه مناطق مصرف‌کننده‌ی بنزین از نظر ساختار شهری توسعه‌یافته‌تر و از سطح رفاه بیشتری برخوردار باشند، یارانه‌ی بیشتری دریافت می‌کنند و برعکس. این مطلب آشکار می‌سازد که خانوارهای شهری که قدرت خرید بیشتری نسبت به مناطق محروم دارند، از این موقعیت استفاده کرده و با مصرف بیشتر بنزین، عملاً یارانه‌ی خانواده‌های محروم را به خود اختصاص می‌دهند که این امر برخلاف رعایت عدالت اجتماعی است. تمامی شواهد امر نشان می‌دهد که هدف‌مندسازی یارانه‌ی انرژی ــ خصوصاً بنزین موتور ــ بایستی هرچه سریع‌تر به اجرا درآید. بدیهی است که تأخیر در هدف‌مندسازی یارانه‌ی انرژی سبب اتلاف هرچه بیشتر منابع مالی کشور شده، و زیان آن بر اقشار محروم و آیندگان تحمیل خواهد شد.

در تابع تخمین زده شده برای تقاضای بنزین عدم انطباق علامت ضریب متغیر قیمت گاز طبیعی با انتظارات نظری و مقدار قدرمطلق بسیار کم آن، نشان از عدم ایجاد صحیح ساختارهای لازم در کشورمان برای به‌کارگیری سوخت CNG به‌جای بنزین موتور دارد. شرکت‌های خودروسازی داخل کشور به‌عنوان تأمین‌کنندگان اصلی خودرو در کشور، می‌توانند با تولید انبوه خودروهای متنوع دوگانه‌سوز، گام بزرگی در شکل‌دهی استفاده از سوخت CNG بردارند. سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، به‌عنوان متولی طرح گازسوزکردن خودروها و همچنین توزیع‌کننده‌ی سوخت CNG، اولاً موظف است با افزایش تولید و یا واردات کپسول‌های گاز فشرده با اولویت خودروهایی که بیشترین درصد را در خیابان‌ها و جاده‌های کشور تشکیل می‌دهند، روند گازسوزکردن خودروها را تسریع بخشد. ثانیاً باید با افزایش جایگاه‌های ارائه‌ی سوخت CNG در مناطق پرتردد کشور، بستر لازم برای استفاده از سوخت پاک را فراهم کند. لازم به ذکر است که رسانه‌ی ملی و مطبوعات، نقش بسیار مهمی در افزایش انگیزه‌ی مردم به‌سوی استفاده از سوخت CNG دارد. در توابع تخمین زده شده برای تقاضای نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره و گاز مایع، مقادیر تخمینی برای ضرایب متغیرها خصوصاً قیمت فرآورده‌ی اصلی و قیمت فرآورده‌ی جانشین،

از نظر علامت و مقدار بسیار معقول و مستدل به نظر می‌رسند. نکات مشابه و قابل‌توجهی تقریباً در همه این توابع به‌چشم می‌خورد: اولاً مقدار تقاضای این حامل‌ها با متغیر قیمت فرآورده رابطه‌ی معکوس دارد؛ ثانیاً کشش قیمتی این فرآورده‌ها به‌دلیل پائین‌بودن سطح قیمت انرژی در کشور بسیار پائین است؛ ثالثاً علامت متغیر قیمت گاز طبیعی تقریباً در تمام توابع تقاضای این فرآورده‌ها مثبت است و این حکایت از این مطلب مهم دارد که با توجه به وجود ذخایر عظیم گاز طبیعی در کشورمان، دولت می‌تواند سیاست جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی را با اعمال قیمت‌گذاری ارزان گاز طبیعی در برابر افزایش نسبی قیمت‌های فرآورده‌های نفتی در بخش‌های مختلف اقتصادی و همچنین هدف‌مندسازی یارانه‌ها برای خانوارهای کم‌درآمد و ثروت‌مند، و البته فراهم‌کردن ساختارهای لازم برای حرکت مردم به‌سوی استفاده از گاز طبیعی دنبال کند، و بدین‌ترتیب زخم کهنه‌یی که سال‌ها اقتصاد کشور را رنج داده است، بهبود ببخشد. پیش‌بینی تقاضای گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی تا سال ۱۳۹۵ در بخش‌های قبلی نشان داد که اگر قیمت فرآورده‌های نفتی به‌طور متوسط بین ۸ تا ۱۷ درصد، و به‌طور هم‌زمان قیمت گاز طبیعی به‌طور متوسط بین صفر تا ۳ درصد افزایش یابد، سهم گاز طبیعی در تأمین سوخت مصرفی بخش‌های خانگی-تجاری، صنعت، و حمل‌ونقل و به‌عبارتی بهتر، جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی در آن بخش‌ها، روندی صعودی را طی خواهد کرد. مدل‌سازی توابع ترانسلوگ و به دست‌آمدن کشش‌های متقاطع مثبت در سال‌های گذشته به این نتیجه‌ی مهم اشاره دارد که از لحاظ نظری و عملی، جانشینی گاز طبیعی به‌جای فرآورده‌های نفتی در بخش‌های اقتصادی، مسئله‌یی کاملاً بدیهی بوده و درگذشته وجود داشته و در حال حاضر نیز در حال انجام‌گرفتن است. به‌طورکلی درکشور عزیزمان ایران، اصلی‌ترین مانع بر سر راه حرکت سریع‌تر به‌سوی جانشینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی، پائین‌بودن سطح قیمت فرآورده‌های نفتی و هدف‌مند نبودن یارانه‌ها و عدم ایجاد بسترهای لازم برای حرکت به‌سوی استفاده از گاز طبیعی است.

پانوشت

1. panel analysis
2. translog function
3. seemingly unrelated regressions(SUR)
4. long-linear
5. multiplicative
6. fixed effects
7. random effects
8. shephard's lemma

منابع

1. Energy Planning Office, 2004 Energy Balance Sheet, Minestry of Power-Deputy of Energy, pp. 159-171,225/228,186-187 (2005)
2. National Iranian Company of Oil Products Distrbution, Planning Management, Stalistical Consumption of Energy Products, for 2004 and before.
3. Iranian Statistical Center, Detailed Result of Househopd Const Census, for 2004 and before.
4. Islamic Republic of Iranian Central Bank, Iran National Accounts, for 2004 and before.
5. Optimization of Ruel Consumption Organization, Country Energy Information, for 2004 and before.
6. National Iranian Oil Company, National Iranian Oil Company Performance and Their Partnership (oil Section), for 2004 and before.
7. Kiani; B. Kashiwagi; T. Akisawa; A. and Kermanshahi; B. " Optimal substitution of renewable energy for long run energy planning"; Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Department of Electronics & Information Engineering, Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology; 2-24-16 Nakacho, Koganei, Tokyo, 184-8588 Japan; p.p. 1-3 (1996).
8. Bodmer, F. " Energy substitution in swiss industry: the role of prices and regulation", WWZ-Forum, University of Basle, Switzerland, p.p. 2-14 (2000).
9. Soderholm, P. " Short-run interfuel substitution in west european power generation: a restricted cost function approach", Center for Energy and Environmental Policy Research, Massachusetts Institute of Technology-Cambridge, MA 02139 USA, p.p. 1-22 (2000).
10. Liao; H.C. and Lin; S.C."Energy substitution between oil and gas: the case in taiwan", WEC Congress, http://www.worldenergy.org /wec-geis /Publications/default/tech_papers/17th_Cong ress/1_1_08.asp#Heading1, p.p. 1-5 (1996).
11. Al-Sahlawi, M.A. " The demand for oil products in Saudi arabia", Organization of the Petroleum Exporting Countries, OPEC Review, p.p. 33-38 (1997).
12. Pauwels, J. " Oil supply and demand in the 21st century :time and financing constraints on substitution by natural gas", OPEC Review, **21**, Issue 1, p.p. 13-31 (1997).
13. Houthakker, H.S and Taylor, F. " Consumer demand in the united states", Harvard University Press, (1970).
14. Wooldridge, J.M. " Introductory econometrics, a modern approach"; South-Western College; Second Edition; p.p. 441-455 (2002).
15. Intriligator, M.D. " Econometrics models, techniques, and applications"; Prentice-Hall, Inc.; p.p. 725-730 (1978).
16. Von Moltke, A.; Colin, M. and Morgan, T. (Ed). " Energy subsidies: lessons learned in assessing their impact and designing policy reforms", UNEP, (2004).