فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی
سال دوم، شماره ٦، بهار ١٣٩٢، صفحات ١٢٧-١٠٧

تخمین تابع تقاضای انرژی و کشش قیمتی و جانشینی نهاده‌ها در بخش صنعت: رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتبط SUR

سعید صدرزاده مقدم*، دکتر زین‌العابدین صادقی و احمد قدس الهی*****

تاریخ دریافت: ٢١ اردیبهشت ١٣٩٢ تاریخ پذیرش: ٩ مهر ١٣٩٢

این مقاله با رویکرد بهینه‌سازی دومرحله‌ای به برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش صنعت و محاسبه کشش‌های جانشینی میان نهاده‌ها می‌پردازد. تخمین تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف امکان تعیین سیاست‌های کلان انرژی را فراهم می‌کند. در این مطالعه در بخش اول با تخمین تابع تقاضای انرژی در بخش صنعت کشور به عنوان یکی از بخش‌های پرمصرف در زمینه انرژی، عوامل مؤثر بر این تقاضا شناسایی و در مرحله دوم با استفاده از تابع لاجیت و به روش رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتبط به شناسایی اجزای تقاضای انرژی پرداخته و کشش‌های قیمتی و جانشینی میان این اجزاء محاسبه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تقاضای انرژی، بخش صنعت، رگرسیون به ظاهر نامرتبط، کشش جانشینی، کشش قیمتی.
طبقه‌بندی JEL: C31 ،C51 ،D24.

١. مقدمه

در دنیای کنونی حرکت به سمت توسعه اقتصادی بدون در نظر گرفتن انرژی غیرممکن به نظر می‌رسد. در کشورهای در حال توسعه، انرژی علاوه بر نقش خود به عنوان عامل اصلی تولید، به عنوان یک منبع درآمد ملی نیز محسوب می‌شود. لذا لزوم حرکت به سمت رشد اقتصادی در

* کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه شهید باهنر کرمان Sadrzadeh.saeed@gmail.com
** استادیار بخش اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان Abed.sadeghi@gmail.com
*** دانشجوی دکتری مدیریت دانشگاه تهران Ahmad.ghodselahi@gmail.com

کشورهای در حال توسعه از یک سو و نقش اساسی انرژی در این راه از سوی دیگر، نشان‌دهنده اهمیت شناخت تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و به ویژه بخش صنعت می‌باشد؛ چرا که یکی از شاخص‌های توسعه اقتصادی کشورها افزایش سهم صنعت در تولید ناخالص ملی است. اصلی‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در جهان کشورهای پیشرفته هستند، بنابراین با رشد و توسعه اقتصادی و در نتیجه صنعتی شدن میزان تقاضای انرژی افزایش می‌یابد. در ایران مصرف انرژی در بخش صنعت از ۱۱/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۴۶ به ۲۷۴/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۹ رسیده است و بطور متوسط سالانه ۲۲٪ مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. مدل‌های تقاضای انرژی به عنوان ابزارهای تحلیل سیاستگذاران و برنامه‌ریزان جهت تصمیم‌گیری درخصوص آینده انرژی و پیش‌بینی مصرف انرژی طراحی می‌شوند. آگاهی از مصرف انرژی در بخش صنعت می‌تواند باعث بهبود روند تصمیم‌گیری درخصوص عوامل مؤثر در مصرف انرژی در این بخش و همچنین واکنش مناسب در مقابل تغییرات احتمالی این عوامل گردد.

در این مطالعه مصرف انرژی هم به صورت کل و هم به صورت جزء مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور از یک روش دومرحله‌ای استفاده شده است. در مرحله اول مقدار کل مصرف انرژی و در مرحله دوم مقدار مصرف اجزای انرژی (فرآورده‌های نفتی، برق، ذغال سنگ، گاز طبیعی) مورد بررسی قرار گرفته است. در اکثر مطالعات مشابه از تابع هزینه ترانسلوگ[1] استفاده شده، با توجه به اینکه ویژگی‌های معمول تابع هزینه ترانسلوگ تنها در محدوده‌ای از قیمت‌های نسبی حفظ می‌شود و خارج از این محدوده خاصیت غیرمنفی بودن سهم‌های بازار و شبه مقعر بودن توابع هزینه تأمین نمی‌شود.

در این مقاله ضمن معرفی مدل‌های لاجیت به منظور تخمین از یک مدل لاجیت دومرحله‌ای استفاده شده است. این مقاله در ۶ بخش تدوین شده است. در بخش دوم مبانی نظری مدل‌های تقاضای انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش سوم مروری بر مطالعات داخلی و خارجی در حوزه توابع تقاضای انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش چهارم مدل مورد استفاده در این تحقیق که یک مدل بهینه‌سازی دومرحله‌ای است معرفی و معادلات رگرسیون به ظاهر نامرتبط نشان داده شده است. برآورد مدل معرفی شده و نتایج آن در بخش پنجم آورده شده و

1. Translog Cost Function

سرانجام در بخش ششم کشش‌های جانشینی و قیمتی محاسبه شده و همچنین نتیجه‌گیری و پیشنهادات کاربردی ارائه گردیده است.

۲. مبانی نظری

توابع تقاضای نهاده‌ها را می‌توان از دو روش مشتق‌گیری از تابع سود نسبت به قیمت نهاده‌ها و یا مشتق‌گیری از تابع هزینه نسبت به قیمت هر نهاده استخراج کرد که در روش اول تابع تقاضای مستقیم و در روش دوم توابع تقاضای غیرمستقیم (مشروط) برای نهاده‌ها بدست می‌آید. در اکثر مطالعات انجام شده به منظور استخراج توابع تقاضای نهاده‌ها از روش دوم استفاده شده است. در این روش ابتدا یک تابع تولید انتخاب و تابع هزینه همزاد آن مشخص می‌گردد، سپس با مشتق‌گیری از تابع هزینه نسبت به قیمت هر یک از نهاده‌ها، توابع تقاضا بدست می‌آید.

در بسیاری از مطالعات مربوط به برآورد تقاضای انرژی از توابع هزینه از نوع ترانسلوگ استفاده شده است. نشان داده‌اند که استفاده از مدل تابع هزینه ترانسلوگ با مشکلاتی همراه است که از اعتبار کار انجام شده می‌کاهد. در این توابع دو ویژگی ضروری غیرنزولی بودن و شبه مقعر بودن تابع هزینه به ازای تمام قیمت‌های عوامل ارضاء نمی‌شود. بنابراین نتایج حاصل از آنها نیز تنها در دامنه‌های خاصی معنادار می‌باشد و چنانچه توابع تقاضای نهاده‌ها از آنها استخراج شوند ممکن است ویژگی‌های مثبت بودن سهم هزینه و منفی نیمه معین بودن ماتریس کشش‌های جانشینی را دارا نباشند (کریستنسن و کیوز[1]، ۱۹۸۰). به گونه‌ای که در توابع ترانسلوگ تقعر تنها زمانی به صورت مطلق و فراگیر برقرار است که تابع ترانسلوگ به حالت خاص تابع کاب- داگلاس[2] تقلیل یابد.[3] در توابع لاجیت محدودیت‌های توابع ترانسلوگ وجود ندارد و سهم هزینه‌ها در تمامی نقاط مثبت می‌باشد و انعطاف‌پذیری بسیاری وجود دارد.

مدل لاجیت خطی سهم هزینه[4]، یکی از مدل‌های با کشش متغیر با خواص فراگیر است. در تخمین بوسیله مدل لاجیت نیازی به تعیین تابع هزینه نمی‌باشد. با فرض بازدهی ثابت به مقیاس، دلیل تئوریک مبتنی بر نیاز به فرمول تابع هزینه وجود ندارد، چراکه تمامی اطلاعات لازم درخصوص ساختار تابع هزینه توسط سهم‌های هزینه بدست می‌آید. همچنین به کمک مدل

1. Christensen and Caves (1980)
2. Cob-Douglas
۳. منظور و همکاران (۱۳۸۸)
4. Linear Logit Cost Share Model

لاجیت ساختارهای هزینه غیرمتجانس را نیز می‌توان تخمین زد. به عبارت دیگر هرگاه فرض شود $C(p_1, p_2, \ldots, p_N, y)$ تابع هزینه غیرمستقیم است در این صورت $p_1, p_2, \ldots, p_N$ قیمت‌های N عامل تولیدی و Y سطح تولید می‌باشد. اگر $Q_1, Q_2, \ldots, Q_N$ سطوح نهاده‌های مورد استفاده باشند آنگاه رابطه (۱) هزینه تولید محصول را با استفاده از نهاده‌های تولید نشان می‌دهد.

$$C = \sum_{j=1}^{N} P_j Q_i \qquad (۱)$$

با استفاده از لم شفارد[1] تابع تقاضای مشروط برای نهاده iام متناسب با سطح مشخص تولید و حداقل نمودن هزینه به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Q_i(p_1, p_2, \ldots, p_N, y) = \frac{\delta C}{\delta P_i} \qquad (۲)$$

در صورتی که تابع تولید نسبت به نهاده‌ها همگن خطی[2] باشد می‌توان تابع هزینه را به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$C(p_1, p_2, \ldots, p_N, y) = yC^*(P_1, \ldots, P_N) \qquad (۳)$$

در این صورت معادلات تقاضای همزمان به صورت زیر می‌باشند:

$$Q_i = \frac{\delta C}{\delta P_i} = y\frac{\delta C^*}{\delta P_i} \qquad (۴)$$

با توجه به اینکه y یکی از پارامترهای معلوم در رابطه (۳) می‌باشد، با توجه به همگن خطی بودن تابع تولید، خصوصیات تابع هزینه C به C^* منتقل می‌شود. همچنین معادلات سهم هزینه به صورت مستقل از متغیر تولید به صورت زیر تعریف می‌شوند:

1. Shephard's Lemma
2. Linear Homogeneity

$$W_i = \frac{P_i Q_i}{C} = \frac{P_i y \dfrac{\delta C^*}{\delta P_i}}{y C^*} = \frac{P_i}{C^*} \cdot \frac{\delta C^*}{\delta P_i} \qquad (۵)$$

به جای اینکه معادلات فوق با تعیین برخی انواع توابع هزینه و مشتق‌گیری نسبت به قیمت‌ها (مانند روش ترانسلوگ) بدست آید، می‌توان برای قیمت‌های وزن داده شده به وسیله مشتق‌های جزیی در معادله (۵)، شکلی به صورت تابع در نظر گرفت. به جای اینکه این شکل به صورت تابع خطی باشد از یک تابع نمایی استفاده می‌شود. معادلات سهم هزینه برای یک تابع نمایی به جای شکل خطی به صورت زیر تعریف می‌شوند (کانسیدین[1]، ۱۹۸۹):

$$W_i = \frac{e^{f_i}}{\sum_{j=1}^{n} e^{f_i}} \qquad f_{i=\alpha_i} + \sum_{j=1}^{n} C_{ij} \ln P_j \qquad (۶)$$

که f_i تابعی از قیمت‌های n عامل تولیدی و α_i و C_{ij} ضرایب هستند. کشش‌های سهم هزینه $(W_i^*, \ldots, W_n^*)$ به صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$H_{ij} = \frac{\delta \ln W_i}{\delta \ln P_j} = C_{ij} - \sum_{k=1}^{N} W_k^* C_{kj} \qquad (۷)$$

به همین ترتیب کشش‌های قیمتی متقاطع عبارتند از:

$$E_{ik} = \frac{\delta Q_i}{\delta P_k} \cdot \frac{P_k}{Q_i} = H_{ik} + W_k \qquad (۸)$$

با توجه به شکل نمایی مدل لاجیت خطی، سطح نهاده‌های نمی‌تواند منفی باشد بنابراین برای هر دسته از قیمت‌های مثبت، سطوح داده‌های متناظر همگی مثبت می‌باشند. در نهایت کشش‌های جانشینی برحسب تابع هزینه به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

1. Considine T. J. (1989)

$$\sigma_{ij} = C \frac{\delta^2 C / \delta P_i \delta P_j}{\frac{\delta C}{\delta P_i \delta P_j}} \qquad (۹)$$

سپس با فرض لم شفارد ($Q_i = \frac{\delta C}{\delta P_i}$) و تعریف کشش متقاطع قیمتی خواهیم داشت:

$$\frac{\delta^2 C}{\delta P_i \delta P_j} = \frac{\delta Q_i}{\delta P_i} = \frac{E_{ij} Q_i}{P_j} \qquad (۱۰)$$

بنابراین در صورتی که E_{ij} کشش متقاطع قیمتی و W_j سهم هزینه عامل jام باشد، کشش جانشینی جزیی به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\sigma_{ij} = \frac{E_{ij}}{W_j} \qquad i \neq j \qquad (۱۱)$$

تمامی کشش‌ها با توجه به روابط معرفی شده در مطالعات کانسیدین و مونت (۱۹۸۴ و ۱۹۸۹) می‌باشند.

۳. پیشینه تحقیق

۱-۳. مطالعات داخلی

فخرایی (۱۳۷۱) توابع تقاضای انواع حامل‌های انرژی برای بخش‌های مختلف اقتصادی کشور از جمله صنعت را ارائه نمود. در این مدل برای تعیین میزان فروش کل برق به بخش صنعتی، قیمت واقعی فروش برق به بخش صنعتی و تولید ناخالص داخلی در تصریح مدل آورده شده است.

کاظمی (۱۳۷۵) برای تخمین تابع تقاضای بخش صنعت از متغیرهای توضیحی قیمت واقعی برق فروخته شده به بخش صنعت، ارزش افزوده بخش صنعت، قیمت واقعی نفت کوره و نفت گاز و مقدار مصرف برق دوره قبل استفاده نمود که در نهایت تقاضای کل صنعت، تابعی از ارزش افزوده صنعت و مصرف دوره قبل بوده است. مدل ایشان نشان می‌دهد که تقاضا تابعی از قیمت کالاهای جانشین برق (نفت کوره و نفت گاز) نیست. در مدل بخش صنعت که توسط صادقی (۱۳۸۲) ارائه شده است، مقدار مصرف برق تابعی از متغیرهای قیمت واقعی برق، تعداد مشترکین

برق در بخش صنعت، ارزش افزوده واقعی بخش صنعت و متغیر مجازی مربوط به دوران جنگ و صلح است. در مدل مذکور تمام ضرایب در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

بهبهانی‌فر (۱۳۸۳) به بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای انواع انرژی در بخش صنعت استان اصفهان و تخمین کشش‌های جانشینی بین آنها پرداخته است.

قادری (۱۳۸۴) چهار مدل، تابع خطی، تابع نمایی، تابع درجه ۲ و تابع به فرم S جهت تخمین تابع مصرف انرژی الکتریکی ارائه شده است. در این مطالعه از روند تابع مصرف انرژی الکتریکی در گذشته، جهت تحلیل و پیش‌بینی مصرف برق برای آینده استفاده شده است.

در مقاله صمدی (۱۳۸۷) توابع تقاضای ایستا و پویا برق در ایران طی سالهای ۱۳۷۲-۱۳۴۶ در بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی، صنعتی و کشاورزی به روش حداقل مربعات معمولی (OLS) برآورد شده و بدین وسیله کشش‌های قیمتی و کشش‌های درآمدی تقاضا در کوتاه‌مدت و بلندمدت محاسبه شده است. ارقام محاسبه شده، نشان‌دهنده کم‌کشش بودن تقاضای مشترکین نسبت به تغییرات قیمت برق در کوتاه‌مدت و بلندمدت بوده که یکی از علت‌های آن را پایین بودن قیمت واقعی برق عنوان کرده است.

دینایی (۱۳۷۸) به بررسی عوامل مؤثر بر بخش خانگی پرداخته است. نتایج حاکی از بی‌اثر بودن قیمت برق روی میزان مصرف در این بخش است بطوری که قیمت‌گذاری چندان اثری بر کاهش مصرف نداشته است.

۲-۳. مطالعات خارجی

برکسون[1] (۱۹۴۴) یک تابع لجستیک برای رابطه بین درصد حشرات مرده و لگاریتم مقدار داروی تجویز شده بکار برد. در این مسئله انتخابی گسسته، یک مدل لاجیت بکار رفته تا احتمالاتی را بیان کند که غیرمنفی و مجموعشان یک می‌باشد. این خصوصیات برای سهم هزینه نیز وجود دارد و استفاده از تابع لاجیت برای سهم هزینه‌ای مخارج امری معقول به نظر می‌رسد. همچنین با رفتار حداقل‌سازی هزینه نیز متناقض نیست.

تایل[2] (۱۹۶۹) مدل لاجیت خطی را برای تقاضای مصرف‌کننده بکار برد. مدل‌های خطی لاجیت که اغلب به مسائل انتخابی گسسته مربوط می‌شوند، مانند انتخاب مدل حمل و نقل مک فادن[1] (۱۹۷۴) ولی می‌توانند برای انواع مسائل کاربردی نیز بکار روند.

1. Berkson (1994)
2. Theil (1969)

درخصوص تخمین تابع تقاضای انرژی به روش دومرحله‌ای مطالعات خارجی توسط ارنست برنت و دیوید وود[۲] (۱۹۷۵)، روبرت هالورسن[۳] (۱۹۷۷)، ملوین فوس[۴] (۱۹۷۷)، روبرت پین دایک[۵] (۱۹۷۹)، تی موتی کانسایدین و تی موتی مونت[۶] (۱۹۸۴)، تی موتی کانسایدین[۷] (۱۹۸۹)، سنفورد برگ و پراکاش لونگانی[۸] (۱۹۹۰) انجام شده است. فرض لازم و کافی برای استفاده از تخمین دومرحله‌ای، خاصیت جدایی‌پذیری ضعیف[۹] برای توابع تولید و هزینه می‌باشد که در تمامی مطالعات مذکور مورد توجه قرار گرفته است. به منظور بدست آوردن توابع سهم هزینه[۱۰] بایستی شکل تابع هزینه از نوع توابع انعطاف‌پذیر باشد. عمومی‌ترین شکل تابع هزینه استفاده شده در مطالعات گذشته تابع هزینه ترانسلوگ می‌باشد که توابع سهم هزینه براساس آن محاسبه شده است.

در مقاله ایشی و فرد[۱۱] (۲۰۱۰) تقاضای برق خانگی و صنعتی فیلیپین مدل‌سازی شده است. در این مطالعه عنوان شده است که در بخش صنعت در یک دوره طولانی‌مدت، یک رابطه بلندمدتی بین مصرف برق صنعتی و GDP وجود دارد و به نظر می‌رسد که فاقد واکنش قابل توجه قیمتی در مقابل سیاست‌های توسعه‌ای دولت باشد. مهمت[۱۲] (۲۰۰۹) و جمیل[۱۳] (۲۰۱۰) نیز به بیان رابطه میان تقاضای برق و قیمت برق در ترکیه و پاکستان پرداخته اند.

همانطور که در بخش مرور بر مطالعات دیده شد، اکثر مطالعات انجام شده خارج از کشور در زمینه انرژی به ویژه مطالعات قدیمی‌تر و همچنین همه مطالعات داخلی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌اند روش دومرحله‌ای را با استفاده از مدل ترانسلوگ انجام داده‌اند. در حالت عمومی نیز در بسیاری از مطالعات مربوط به انرژی از تابع ترانسلوگ استفاده می‌شود. چنانچه تابع هزینه یا مطلوبیت عوامل از نوع ترانسلوگ باشد ویژگی‌های قانونی توابع هزینه یا مطلوبیت فقط در محدوده‌ای از قیمت‌های نسبی عوامل حفظ می‌شود و در خارج از این محدوده خاصیت‌های

1. Mc Fadden (1974)
2. Ernest r. Berndt and David D. Wood (1975)
3. Robert Halvorsen (1977)
4. Melvin A.Fuss (1977)
5. Robert S.Pindyck (1979)
6. Temothy J. Consdintimothy D. Mount (1984)
7. Temothy J. Consdintimothy (1989)
8. Sanford W. Bergprakash Lovughani (1990)
9. Weakly Sepawrability
10. Cost Share
11. Ishi and Fred (2010)
12. Mehmet B. (2009)
13. Jamil F. (2010)

غیرمنفی برای مقادیر سهم بازار و شبه مقعر بودن تابع هزینه ارضاء نمی‌شود. در این مقاله از تئوری رفتار مصرف‌کننده استفاده می‌شود که می‌تواند برای تئوری تولیدکننده نیز مورد استفاده قرار گیرد و از این نظر تفاوتی نخواهد داشت.

٤. روش تحقیق

٤-١. معرفی مدل

در این مطالعه از یک مدل بهینه‌سازی دومرحله‌ای با فروض زیر استفاده شده است:

۱. تابع تولید یک بنگاه، بازده ثابت نسبت به مقیاس دارد.
۲. هر بنگاه اقتصادی به منظور مشخص نمودن سطح بهینه تولید و یا نهاده‌های مورد نیاز، تابع هدف خود (تابع سود و یا تابع هزینه) را بهینه‌سازی می‌نماید.
۳. در میان نهاده‌های تولید، نهاده انرژی نسبت به دیگر نهاده‌ها جدایی‌پذیر ضعیف می‌باشد بنابراین:

- به دلیل استقلال میان نهاده‌های تولید مشکل همخطی در مدل کاهش می‌یابد.
- امکان تخمین مقادیر نهاده‌های انرژی در روش دومرحله‌ای را فراهم می‌کند. به عبارتی در یک مرحله کل تقاضای انرژی برآورد شده و در مرحله بعدی اجزای تشکیل‌دهنده این تقاضا مورد بررسی قرار می‌گیرند.
- به دلیل استفاده از روش دومرحله‌ای تعداد پارامترها نسبت به حالتی که کل تقاضای انرژی و اجزای تشکیل‌دهنده آن در کنار یکدیگر تخمین زده شوند، کاهش می‌یابد.

در مرحله اول با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر میزان تقاضای انرژی مانند فرآورده‌های نفتی (بنزین، نفت گاز، نفت سفید، نفت کوره)، برق، زغال سنگ و گاز طبیعی با استفاده از روش OLS تقاضای کل انرژی در بخش صنعت تخمین زده شده و برای این منظور از آمار و اطلاعات سری زمانی مربوط به سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۹ بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران، ترازنامه‌های انرژی و آمار تفضیلی صنعت برق ایران برای متغیرهای مربوطه استفاده شده است. در مرحله دوم با استفاده از روش رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتبط سهم بازار تک‌تک حامل‌های انرژی براساس قیمت‌های نسبی آنها مشخص شده است. با استفاده از این روش می‌توان کششهای قیمتی و متقاطع را برای حامل‌های انرژی با در نظر گرفتن معادلات سهم هزینه تخمین زد.

٤-۲. مرحله اول

در این مرحله تقاضای کل انرژی صنعت تابعی است از شاخص قیمت انرژی، ارزش‌فزوده واقعی بخش صنعت و میزان تقاضای انرژی و ارزش افزوده با یک وقفه زمانی در نظر گرفته شده است. میزان مصرف انرژی در بخش صنعت به عنوان شاخص تقاضای انرژی در نظر گرفته می‌شود. شاخص قیمت انرژی میانگین وزنی قیمت‌های سوخت با در نظر گرفتن سهم کمی آنها در میزان مصرف انرژی می‌باشد. مدل مذکور در این مرحله یک مدل لگاریتمی و به صورت زیر می‌باشد:

$$Len_t = \alpha_1 Lva_t + \alpha_2 Lin_t + \alpha_3 Len_{t-1} + \alpha_4 Lva_{t-1} \qquad (۱۲)$$

Len_t: لگاریتم مصرف انرژی در زمان t

Lva_t: لگاریتم ارزش افزوده واقعی بخش صنعت در زمان t

Lin_t: لگاریتم شاخص قیمت انرژی در زمان t

مدل نیازی به عرض از مبدأ ندارد.

٤-۳. مرحله دوم مدل

به منظور برآورد توابع تقاضای حامل‌های انرژی (گاز طبیعی، فرآورده‌های نفتی، زغال سنگ و برق) از مطالعه تئوریک کانسیدین و مونت با استفاده از روش رگرسیون سیستم معادلات به ظاهر نامرتبط استفاده می‌شود. در این سیستم با وارد شدن متغیر زمان سیستم دینامیک مصارف و سهم حامل‌های انرژی قابل بررسی می‌باشد. جونز گلیفتون در راستای مطالعه کانسیدین و مونت سیستم معادلات ایستا و پویای هزینه را مورد توجه قرار داده‌اند. معادلات SUR[1] با توجه به موارد ذکر شده به صورت زیر است:

$$\ln\left(\frac{W_{1t}}{W_{4t}}\right) = \alpha_1 - \left[C^*_{12}W^*_2 + C^*_{13}W^*_3 - C^*_{14}(W^*_1 + W^*_4)\right]\ln\left(\frac{P_{1t}}{P_{4t}}\right) + (C^*_{12} - C^*_{24})W^*_2 \ln\left(\frac{P_{2t}}{P_{4t}}\right) + (C^*_{13} + C^*_{34})W^*_3 \ln\left(\frac{P_{3t}}{P_{4t}}\right) + \beta_1 T_1 + \varepsilon_1 \qquad (۱۳)$$

1. Simingly Unrelated Regression Estimation

$$\ln\left(\frac{W_{2t}}{W_{4t}}\right)=\alpha_2-(C_{12}^*-C_{14}^*)W_1^*\ln\left(\frac{P_{1t}}{P_{4t}}\right)-\left[C_{12}^*W_1^*-C_{23}^*W_3^*+C_{24}^*(W_2^*+W_4^*)\right]\ln\left(\frac{P_{2t}}{P_{4t}}\right)+(C_{23}^*-C_{34}^*)W_3^*\ln\left(\frac{P_{3t}}{P_{4t}}\right)+\beta_2T_2+\varepsilon_2 \quad (۱۴)$$

$$\ln\left(\frac{W_{3t}}{W_{4t}}\right)=\alpha_3-(C_{13}^*-C_{14}^*)W_1^*\ln\left(\frac{P_{1t}}{P_{4t}}\right)+(C_{23}^*-C_{24}^*)W_2^*\ln\left(\frac{P_{2t}}{P_{4t}}\right)-\left[C_{13}^*W_1^*+C_{23}^*W_2^*-C_{34}^*(W_3^*+W_4^*)\right]\ln\left(\frac{P_{3t}}{P_{4t}}\right)+\beta_3T_3+\varepsilon_3 \quad (۱۵)$$

W_1^*، W_i، P_i و T به ترتیب میانگین سهم هزینه سوخت i ام، سهم هزینه سوخت i ام، قیمت واقعی سوخت i ام و متغیر زمان می‌باشد. $i=$ ۱،۲،۳،۴ به ترتیب برای فرآورده‌های نفتی، برق، ذغال سنگ و گاز طبیعی می‌باشد. در هر یک از سال های مورد بررسی حامل‌های انرژی سهم‌های متفاوتی در تقاضای انرژی دارند. به عبارتی سهم هزینه هر یک از حامل‌های انرژی در دوره مورد بررسی (۱۳۸۹-۱۳۶۷) تغییر می‌کند. به منظور اعمال محدودیت، از میانگین سهم هزینه برای هر یک از متغیرها استفاده شده است.

۵. تخمین مدل

۱-۵. آمارهای مورد استفاده

ابتدا لازم است در مورد آمارهای بکار رفته در تخمین مدلها توضیحاتی داده شود. در این مطالعه اطلاعات آماری سری زمانی دوره ۱۳۸۹-۱۳۶۷ شامل: تقاضای انرژی در بخش صنعت، ارزش افزوده بخش صنعت، سهم‌های هزینه حامل‌های انرژی، شاخص قیمت انرژی و قیمت‌های واقعی حامل‌های انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. مجموع مصرف انرژی یکایک حامل‌های انرژی در صنعت (فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی، سوخت‌های جامد و برق) برحسب میلیون بشکه نفت خام به عنوان تقاضای کل انرژی در بخش صنعت در نظر گرفته شده است. شاخص قیمت انرژی جمع وزنی قیمت انواع سوخت‌ها براساس سهم کمی آنها در مصرف انرژی مورد محاسبه قرار گرفته است.

$$\ln in = \ln(\sum_i P_{it} * Q_{it}) \qquad (۱۶)$$

P_{it} و Q_{it} به ترتیب قیمت واقعی و سهم کمی حامل انرژی i ام در دوره t می‌باشد. قیمت فرآورده‌های نفتی برحسب لیتر به ریال، قیمت سوخت‌های جامد برحسب کیلوگرم به ریال، قیمت برق برحسب کیلووات ساعت به ریال و قیمت گاز طبیعی برحسب مترمکعب به ریال می‌باشد.

براساس آمارهای ترازنامه انرژی، مصرف انرژی برحسب میلیون بشکه نفت خام می‌باشد. بنابراین قیمت واقعی هر یک از حامل‌های انرژی براساس بشکه نفت خام مورد محاسبه قرار می گیرد. بدین منظور قیمت‌های جاری بر شاخص عمده‌فروشی (سال پایه ۱۳۷۶) تقسیم و طبق فرمول ۱۶ شاخص قیمت انرژی محاسبه می‌شود. ارزش افزوده بخش صنعت به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ مورد استفاده قرار گرفته است. سهم‌های هزینه حامل‌های انرژی بوسیله نسبت حاصل ضرب قیمت واقعی و مقدار مصرف هر یک از سوخت‌ها بر هزینه کل انرژی مصرفی در صنعت بدست آمده است. هزینه کل انرژی مصرفی به وسیله مجموع حاصلضرب قیمت واقعی تک‌تک سوخت‌ها و مقدار کمی آنها محاسبه شده است.

۲-۵. نتایج تخمین

۱-۲-۵. مرحله اول

در مرحله اول تقاضای کل انرژی به صورت تابعی از ارزش افزوده بخش صنعت، شاخص قیمت انرژی، ارزش افزوده و تقاضای انرژی با یک وقفه زمانی با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی[1] تخمین زده می‌شود.

$$Len_t = ۰/۰۵ + ۰/۱۳۲Lva_t - ۰/۰۱۴۶Lin_t + ۰/۶۲۶Len_{t-۱} + ۵/۴۸e^{-۶}Lva_{t-۱}$$
$$(۰/۱۲۲) \quad (۱/۳۲) \quad (-۱/۵۰) \quad (۳/۸۷) \quad (۰/۱۵) \qquad (۱۷)$$
$$R^۲ = ۰/۹۹ \qquad D.W = ۲/۵۴ \qquad F-stat = ۴۳۹/۷۰$$

در این مرحله با توجه به مقادیر آماره t (داخل پرانتز) تنها متغیر تقاضای انرژی با یک وقفه زمانی معنادار می‌باشد و دیگر متغیرها به لحاظ آماری معنادار نمی‌باشند. براساس تئوری تقاضا دو متغیر اصلی در تقاضا قیمت و درآمد می‌باشد. در مدل (۱۷) این دو متغیر اصلی وارد شده‌اند. همچنین

1. Ordinary Least Square

آزمون بروش- گادفری نشان می‌دهد که مدل با مشکل خودهمبستگی مواجه می‌باشد (مقدار آماره F در مدل برابر ۰/۳۶ می‌باشد).

به منظور دستیابی به یک مدل مناسب، متغیر عرض از مبدأ به علت عدم معناداری از مدل حذف می‌شود. نتیجه تخمین نشان می‌دهد که پس از حذف عرض از مبدأ تمامی متغیرها به جز متغیر ارزش افزوده با یک وقفه زمانی معنادار می‌شوند.

$$Len_t = ۰/۱۴۳Lva_t - ۰/۱۳۷Lin_t + ۰/۶۳۲Len_{t-۱} + ۳/۵۰۸e^{-۶}Lva_{t-۱} \quad (۱۸)$$
$$(۲/۵۶) \qquad (-۱/۹۸) \qquad (۴/۱۸) \qquad (۰/۱۱)$$
$$R^۲ = ۰/۹۹ \qquad D.W = ۲/۵۰$$

مقدار آماره دوربین واتسون، کاهش یافته بنابراین مدل از خودهمبستگی برخوردار نیست. برای اطمینان بیشتر، مسئله خودهمبستگی به وسیله روش بروخ-گادفری نیز بررسی شد که احتمال پذیرش فرضیه عدم خودهمبستگی ۵۱٪ است که در این صورت فرضیه پذیرفته می‌شود. متغیرهایی که به عنوان متغیر توضیحی بکار رفته‌اند همگی پایه تئوریک دارند.

در مرحله بعدی با توجه به عدم معناداری متغیر ارزش‌افزوده در بخش صنعت با یک وقفه، این متغیر از مدل حذف می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که کلیه متغیرها معنادار می‌باشد. آماره دوربین واتسون نسبت به حالت قبلی افزایش داشته است. مقدار آماره F در روش بروخ- گادفری نشان می‌دهد که مدل با مشکل خودهمبستگی مواجه می‌باشد (مقدار آماره ۰/۴۷ است که بسیار به ۰/۵ نزدیک است).

$$Len_t = ۰/۱۴۲Lva_t - ۰/۱۴۱Lin_t + ۰/۶۳۱Len_{t-۱} \quad (۱۹)$$
$$(۲/۶۲) \qquad (-۲/۳۵) \qquad (۴/۲۹)$$
$$R^۲ = ۰/۹۹ \qquad D.W = ۲/۵۲$$

می‌توان با وارد کردن یک متغیر AR(۱) مشکل خودهمبستگی ایجاد شده در این قسمت را رفع نمود. نتایج نشان می‌دهد که آماره دوربین واتسون به مقدار حدی (مقدار ۲) بسیار نزدیک شده و همچنین سطح معناداری هر سه متغیر در مدل افزایش یافته است. همچنین روش بروخ- گادفری نشان می‌دهد که مدل دچار مشکل خودهمبستگی نمی‌باشد (آماره F برابر است با ۰/۷۵) . همچنین

در گزارش رگرسیون روش بروخ-گادفری متغیر جزء اخلال تأخیری در معادله معنادار نیست و این تأییدی بر مسئله عدم وجود خودهمبستگی باقیمانده‌ها است.

$$Len_t = ۰/۱۴۲Lva_t - ۰/۱۴۱Lin_t + ۰/۶۳۱Len_{t-۱} + AR(۱) \quad (۲۰)$$
$$(۲/۹۷) \qquad (-۲/۷۳) \qquad (۴/۸۶) \qquad (-۱/۱۴)$$
$$R^۲ = ۰/۹۸ \qquad D.W = ۱/۹۷$$

بنابراین در نهایت مدل (۲۰) هم به لحاظ معناداری متغیرها و کل رگرسیون و به دلیل مقدار آماره دوربین- واتسون بهتر از مدل‌های قبلی است.

۲-۲-۵. مرحله دوم

هدف در مرحله دوم، تخمین تابع تقاضای هر یک از نهاده‌ها (حامل‌های انرژی) می‌باشد. در این مرحله از روش تخمین رگرسیون معادلات به ظاهر غیرمرتبط استفاده می‌شود. این روش مخصوص تخمین یک سری از معادلات است که ظاهراً ارتباطی با یکدیگر ندارند. هر یک از توابع تقاضای نهاده‌ها به صورت مستقل از یکدیگر اما همه آنها به وسیله لم شفارد و از یک تابع هزینه بدست می‌آیند. متوسط سهم هزینه حامل‌های انرژی برای فرآورده‌های نفتی، برق، زغال سنگ و گاز طبیعی به ترتیب ۰/۵۲، ۰/۰۰۰۱۸، ۰/۱۳ و ۰/۳۴ می‌باشند. گزارش اولیه تخمین مدلهای مرحله دوم در جدول پیوست آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود معیار برازش در معادلات مناسب است اما متغیرهای $C^*_{۱۳}$ و $C^*_{۲۴}$ از نظر آماری معنادار نمی‌باشند. به همین علت ضرایب اصلی و کشش‌های متناظر با این ضرایب نیز معنادار نمی‌باشند. ضرایب تخمین زده شده در این مرحله مقادیر C^*_{ij} می‌باشند و به منظور محاسبه ضرایب اصلی (C_{ij}) بایستی از روابط زیر استفاده نمود:

$$\sum_{j=۱}^{n} C_{ij} = d \quad (۲۱)$$

$$C^*_{ij} = \frac{C_{ij}}{W^*_j} \quad (۲۲)$$

که d یک مقدار نامعلوم است. ضرایب اصلی محاسبه شده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. ضرایب اصلی محاسبه شده از روی ضرایب برآورد شده

C_{11}	۰/۳۵۵۴	C_{21}	-۰/۵۳۴۱۸	C_{31}	*-۰/۱۲۵۳	C_{41}	-۰/۴۹۱۰۸
C_{12}	-۰/۰۰۰۱۸	C_{22}	۱/۰۰۴۲	C_{32}	-۰/۰۰۰۳۷	C_{42}	*-۰/۰۰۰۱
C_{13}	*-۰/۰۳۲۷۹	C_{23}	-۰/۲۸۰۵۶	C_{33}	۰/۷۷۹۵	C_{43}	۰/۲۶۰۶۴
C_{14}	-۰/۰۳۲۲۴۲	C_{24}	*-۰/۱۸۹۴۷	C_{34}	-۰/۶۵۳۸	C_{44}	۰/۷۵۱۸

* این ضرایب به لحاظ آماری معنادار نمی‌باشند

منبع: محاسبات محقق

٦. نتیجه‌گیری

با توجه به تخمین مرحله اول می‌توان نتیجه گرفت که چون مدل لگاریتمی است بنابراین ضرایب همان کششها هستند. کشش قیمتی کل انرژی ۰/۱- است که نشان‌دهنده کم‌کشش بودن تقاضای انرژی است. یعنی افزایش قیمت، روی کاهش تقاضا تأثیر زیادی ندارد. ضرایب متغیر لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعت (Lva_{t-1} و Lva_t) همان کشش‌های درآمدی یا تولیدی کوتاه‌مدت تقاضای بخش صنعت می‌باشند. کشش درآمدی اثر افزایش یک درصد در درآمد صنعت را روی تقاضای انرژی نشان می‌دهد. طبق نتایج بدست آمده، ارزش افزوده با یک وقفه تأخیر بر روی مصرف انرژی تأثیری نداشته و به لحاظ آماری بی‌معنا می‌باشد. به عبارتی تغییر در درآمد بخش صنعت در دوره قبل تأثیری در میزان مصرف انرژی در دوره حال نخواهد داشت. کشش اثر درآمدی دوره جاری برابر با ۰/۱۴ می‌باشد. بیشترین کشش در بخش اول مربوط به متغیر مصرف انرژی با یک وقفه زمانی است. به عبارتی افزایش میزان مصرف انرژی در دوره قبلی باعث افزایش میزان مصرف در دوره جاری خواهد شد. با نگاهی به نتایج مرحله دوم می‌توان به این نکته رسید که عرض از مبدأ و متغیر زمان در تمام مدل‌ها بامعناست و این خود نشان می‌دهد تابع تقاضای نهاده‌ها در صنعت تابعی از متغیرهای برونزا است. همچنین یکی از کاربردهای چنین مطالعاتی محاسبه کشش‌های قیمتی و جانشینی است .محاسبه این کشش‌ها از روابط زیر میسر است.

$$E_{ij} = H_{ij} + W_j \qquad (۲۳)$$

$$E_{ii} = H_{ii} + H_{ii} - ۱ \qquad (۲۴)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{E_{ij}}{W_j} \qquad (۲۵)$$

همانطور که مشاهده می‌شود محاسبه کشش‌های قیمتی و جانشینی نیازمند محاسبه کشش‌های سهم هزینه می‌باشد. از آنجا که مدل‌ها لگاریتمی هستند، ضرایب اصلی مدل (C_{ij}) همان کشش‌های سهم می‌باشند. اکنون به جای مقادیر (H_{ij}) از مقادیر محاسبه شده برای ضرایب اصلی در جدول ۱ استفاده می‌کنیم.

با توجه به اینکه متغیرهای $C^*_{۱۳}$ و $C^*_{۲۴}$ از نظر آماری معنادار نمی‌باشند، بنابراین کشش‌های قیمتی سهم هزینه و جانشینی متناظر (کشش قیمتی متقاطع میان فرآورده‌های نفتی و ذغال سنگ و همچنین کشش قیمتی میان برق و گاز طبیعی) نیز از نظر آماری معنادار نیستند. نتایج مربوط به کشش قیمتی در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. کشش قیمتی سهم هزینه

کشش قیمتی سهم هزینه (خودی و متقاطع)				
	فرآورده‌های نفتی	برق	ذغال سنگ	گاز طبیعی
فرآورده‌های نفتی	-۰/۱۲۸۲	$-۴/۴۸\times۱۰^{-۶}$	*۰/۰۹۸۷	۰/۰۱۹۶
برق	-۰/۰۱۲۹	-۰/۰۱۱۲	-۰/۱۳۷۳	*۰/۱۵۱۷
ذغال سنگ	*۰/۳۹۴۹	-۰/۰۰۰۱۹	-۰/۰۹۴۹	-۰/۳۰۹۶
گاز طبیعی	۰/۰۳	$*۸/۰۳\times۱۰^{-۵}$	-۰/۱۱۸۴	۰/۰۷۸۴

* این ضرایب به لحاظ آماری معنادار نمی‌باشند

منبع: محاسبات محقق

کشش‌های قیمتی برای هر کدام از نهاده‌های فرآورده‌های نفتی، برق و ذغال سنگ منفی و برای نهاده گاز طبیعی مثبت است. کمترین کشش متقاطع میان فرآورده‌های نفتی و برق می‌باشد. به عبارتی با تغییر در قیمت فرآورده‌های نفتی، مقدار مصرف برق افزایش چندانی نخواهد داشت. بیشترین کشش متقاطع میان ذغال سنگ و فرآورده‌های نفتی است یعنی با افزایش قیمت ذغال سنگ مقدار مصرف فرآورده‌های نفتی افزایش محسوسی خواهد داشت.

نتایج نشان می‌دهد که تمام نهاده‌ها در بخش صنعت نسبت به قیمت‌های خود کم‌کشش هستند. می‌توان نتیجه گرفت که یارانه‌های انرژی و سوبسیدهای ارائه شده باعث می‌شوند که انرژی با قیمت نسبتاً ارزانی بدست مصرف‌کننده برسد. بنابراین تغییر در قیمت حامل‌های انرژی تأثیر چندانی بر روی مصرف انرژی در بخش صنعت ندارد. پایین بودن کشش‌های قیمتی در بخش

صنعت نشان‌دهنده حساسیت پایین تقاضای نهاده‌های انرژی به تغییرات قیمتی می‌باشد. بنابراین هرچند با تغییر الگوهای قیمتی امکان جانشینی میان نهاده‌ها وجود دارد اما کم‌کشش بودن نهاده‌ها نسبت به قیمت نشان می‌دهد که تقاضای انرژی صرفاً به قیمت‌ها بستگی نداشته و به شرایط تکنولوژی‌های مورد استفاده در بخش صنعت و عوامل محیطی دیگر به خصوص یارانه‌ها و سوبسیدهای دولتی در بخش صنعت نیز وابسته است.

نتایج جدول ۲، نشان‌دهنده مثبت بودن کشش قیمتی نهاده گاز طبیعی می باشد. این موضع احتمالاً به علت روند قیمت‌گذاری گاز طبیعی در کشور می‌باشد. قیمت‌گذاری گاز طبیعی دیرتر از سایر نهاده‌های انرژی در کشور اجرایی گردید و گاز طبیعی نسبت به سایر حامل‌های انرژی هنوز دارای قیمت پایینی است. از طرفی نکته بسیار مهم درخصوص گاز طبیعی رابطه بسیار قوی میان مصرف گاز طبیعی و درجه حرارت هوا می‌باشد.[1] بنابراین مصرف‌کننده در فصول سرد توانایی کاهش مصرف به تناسب افزایش قیمت را ندارد. از سوی دیگر دولت در دهه اخیر به استفاده بیشتر از گاز طبیعی تلاش‌های بسیاری را در بخش‌های مختلف و به خصوص بخش صنعت انجام داده است. تمام این موارد باعث ناهمگونی روند قیمت واقعی گاز طبیعی گردیده به گونه‌ای که روند قیمت گاز طبیعی در طول سال‌های مورد بررسی صعودی بوده است.

جدول ۳. کشش جانشینی میان نهاده‌ها

	کشش جانشینی			
	فرآورده‌های نفتی	**برق**	**ذغال سنگ**	**گاز طبیعی**
فرآورده‌های نفتی	-۰/۲۴۶۵	-۰/۰۲۴۹	*۰/۷۵۹۵	۰/۰۵۷۷۹
برق		-۶۲/۳۲۲	-۱/۰۵۶۸	*۰/۴۴۶۳
ذغال سنگ			-۰/۷۳۰۲	-۰/۹۱۰۸
گاز طبیعی				۰/۲۳۰۷

*این ضرایب به لحاظ آماری معنادار نمی‌باشند

منبع: محاسبات محقق

با توجه به کشش‌های جانشینی می‌توان گفت نهاده‌های فرآورده‌های نفتی و برق، برق و ذغال سنگ و همچنین ذغال سنگ و گاز طبیعی به صورت نهاده‌های مکمل رفتار می‌کنند. به عبارتی با

۱. کشاورز حداد (۱۳۸۶)

افزایش قیمت یکی از این نهاده‌ها، میزان مصرف دیگر نهاده‌های در بخش صنعت کاهش می‌یابد. اما نهاده‌های فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی جانشین یکدیگر هستند. همچنین با توجه به کشش‌های جانشینی، نهاده‌های برق و گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی و ذغال سنگ نیز جانشین هستند اما متغیرها به لحاظ آماری معنادار نمی‌باشند. با این حال با توجه به لزوم جایگزینی برق و گاز طبیعی و تلاش‌های صورت گرفته در این راه در سالهای اخیر بهتر است این متغیرها از مدل حذف نشوند، به خصوص در زمانی که از این نتایج به منظور پیش‌بینی استفاده شود.

یکی از دلایل پایین بودن کشش‌های جانشینی میان نهاده‌ها در بخش صنعت سنتی بودن تکنولوژی مورد استفاده در این بخش است. به عبارتی به علت عدم وجود سرمایه و دانش فنی برای استفاده از روش‌های مدرن انعطاف‌پذیری فنی جهت جانشینی میان نهاده‌ها در این بخش بسیار پایین است. همچنین نهاده‌های برق و ذغال سنگ سهم هزینه بسیار اندکی (کمتر از یک درصد سهم هزینه) را در بخش صنعت به خود اختصاص داده‌اند و همین سهم هزینه اندک نیز می‌تواند باعث کاهش جانشینی میان نهاده شود.

منابع

الف- فارسی

بهبهانی‌فرد، پ. (۱۳۸۳)، «بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای انواع انرژی در بخش صنعت استان اصفهان و تخمین کشش‌های جانشینی بین آنها»، نهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق.

دینایی، م. (۱۳۷۸)، «تخمین تابع تقاضای برق خانگی در شهرستان کرمان»، سومین همایش ملی انرژی ایران.

صادقی، ن. (۱۳۸۲)، پیش‌بینی مصرف برق با استفاده از مدل‌های اقتصاد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

صمدی، س. (۱۳۸۷)، «تحلیل تقاضای برق در ایران با استفاده از مفهوم هم‌جمعی و مدل ARIM طی ۱۳۶۳تا ۱۳۸۷»، مجلهٔ *دانش و توسعه*.

فاکهی و همکاران (۱۳۸۶)، «مدل‌سازی تقاضای انرژی مفید در بخش‌های مختلف اقتصادی»، ششمین همایش ملی انرژی،۲۲ و ۲۳ خرداد ماه.

فخرایی، ح. (۱۳۷۱)، گزارش نهایی از پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی در بخش‌های مصرفی مختلف.

قادری، ف. و ش. بامداد (۱۳۸۴)، «مدل ریاضی جهت تخمین تابع مصرف انرژی الکتریکی با استفاده از روش سری زمانی»، مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی، نشریه *انرژی ایران*، سال نهم، شماره ۲۳.

کاظمی، ا. (۱۳۷۵)، تحلیل تقاضای انرژی الکتریکی در بخش خانگی و صنعتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

کشاورزحداد، غلامرضا و محمد میرباقری (۱۳۸۶)، «بررسی تابع تقاضای گاز طبیعی»، فصلنامه *پژوهشهای اقتصادی ایران*، سال نهم، شماره ۳۲، ص ۱۶۰-۱۳۷.

لطفعلی‌پور، م. و ا. لطفی (۱۳۸۳)، «بررسی برآورد عوامل مؤثر بر تقاضای برق خانگی در استان خراسان»، مجله *دانش و توسعه* (علمی ـ پژوهشی)، شماره ۱۵.

معاونت امور برق و انرژی، مروری بر ۲۳ سال آمار انرژی کشور، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی. اسفند ۱۳۹۰

منظور، داوود (۱۳۸۸)، «روش‌شناسی الگوسازی تقاضای انرژی»، هفتمین همایش ملی انرژی، ۱ و ۲ دی ماه.

مهرآرا، م. و ع. عبدی (۱۳۸۴)، «برآورد توابع تقاضا برای نهاده های ساختمانی: مورد ایران»، فصلنامه *پژوهشهای اقتصادی*، سال پنجم شماره چهارم، زمستان.

ب- انگلیسی

Bilgili, Mehmet (2009), "Estimation of the Net Electricity Consumption of Turkey", Cukurova University, Adana Vocational School of Higher Education, J.of *Thermal Science and Technology*, No. 29, Vol. 2, pp. 89-98.

Considine ,T. J. (1989), "Separability, Functional form and Regulatory Policy in Model of Interfuel Substitution", *Energy Economics*.

Considine, T. J . and T. D. Mount (1984), "The Use of Logit Models for Dynamic Input Demand System", *Review of Economics and Statistics*, No. 66, pp. 434-443.

Ishi, Kotaro and Joutz Fred (2010), "Modeling and Forecasting Electricity Demand in the Philippines", *The International Monetary Fund*.

Jamil, Faisal and Ahmad, Eatzaz (2010), "The Relationship between Electricity Consumption, Electricity Prices and GDP in Pakistan", *Energy Policy*.

پیوست

نتیجه رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتبط

System: SUR1
Estimation Method: Seemingly Unrelated Regression
Date: 06/12/13 Time: 10:36
Sample: 1367 1389
Included observations: 23
Total system (balanced) observations 69
Linear estimation after one-step weighting matrix

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	43.48452	4.187026	10.38554	0.0000
C(4)	-1.024913	0.121455	-8.438601	0.0000
C(5)	-0.240416	0.404623	-0.594173	0.5547
C(6)	-0.942205	0.101531	-9.280017	0.0000
C(7)	-0.553692	0.327193	-1.692248	0.0961
C(8)	-1.910830	0.539113	-3.544397	0.0008
C(10)	-0.032205	0.002926	-11.00579	0.0000
C(2)	15.93557	2.856594	5.578521	0.0000
C(9)	-2.056861	0.682589	-3.013325	0.0039
C(11)	-0.013981	0.001962	-7.124047	0.0000
C(3)	107.0558	12.97718	8.249538	0.0000
C(12)	-0.081037	0.008755	-9.256504	0.0000

Determinant residual covariance	1.80E-07

Equation: LW1_4=C(1)-(0.00018*C(4)+0.1346*C(5)+0.8634*C(6))
*LP1_4+(C(4)-C(7))*0.00018*LP2_4+(C(5)-C(8))*0.1364*LP3_4
+C(10)*T
Observations: 23

R-squared	0.969990	Mean dependent var	0.272928
Adjusted R-squared	0.958736	S.D. dependent var	0.399463
S.E. of regression	0.081145	Sum squared resid	0.105352
Durbin-Watson stat	0.906613		

Equation: LW2_4=C(2)-(0.5212*C(4)+0.1364*C(9)+0.34238*C(7))
*LP2_4+(C(4)-C(6))*0.5212*LP1_4+(C(9)-C(8))*0.1364*LP3_4
+C(11)*T
Observations: 23

R-squared	0.911862	Mean dependent var	-3.245368
Adjusted R-squared	0.878810	S.D. dependent var	0.170322
S.E. of regression	0.059293	Sum squared resid	0.056250
Durbin-Watson stat	1.088174		

Equation: LW3_4=C(3)-(0.5212*C(5)+0.00018*C(9)+0.4786*C(8))
*LP3_4+(C(5)-C(6))*0.5212*LP1_4+(C(9)-C(7))*0.00018*LP2_4

+C(12)*T
Observations: 23

R-squared	0.921910	Mean dependent var	-0.341133
Adjusted R-squared	0.892626	S.D. dependent var	0.825710
S.E. of regression	0.270569	Sum squared resid	1.171318
Durbin-Watson stat	0.790063		

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی