

تحلیل مصرف حامل‌های انرژی در ایران با استفاده از مدل

خودرگرسیون برداری (۱۳۴۶-۱۳۸۰)

اسدالله جلال آبادی*

شراره رخشان**

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۷/۲۹

تاریخ ارسال: ۱۳۸۳/۴/۷

چکیده

مصرف حامل‌های انرژی و افزایش کارایی آن در دنیای حاضر فعالیت‌های اقتصادی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد؛ به طوری که می‌توان گفت روند شتابان توسعه اقتصادی و صنعتی در دهه‌های اخیر تا حدود زیادی متأثر از این امر است. در نتیجه، تجزیه و تحلیل رفتار مصرف حامل‌های انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در پژوهش حاضر رفتار حامل‌های انرژی در ایران با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری (VAR) طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. حامل‌های اصلی مورد مطالعه شامل فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق است که در مجموع، حدود ۹۸/۴۱٪ کل مصرف انرژی در کشور را تشکیل می‌دهند. در این مقاله به بررسی تابع واکنش آنی^۲، تجزیه واریانس^۳ و علیت گرانجری^۴ برای تحلیل مصرف حامل‌های انرژی پرداخته شده

* عضو هیئت علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

e-mail: jalal_msrt@yahoo.com

** کارشناس ارشد اقتصاد و کارشناس مرکز آمار ایران

e-mail: sharareh_rakhshan@yahoo.com

1. Vector Auto Regression.
2. Impulse Reaction Function.
3. Variance Decomposition.
4. Granger Causality Ted.

است. نتایج حاصل نشان می‌دهد مصرف حامل‌های انرژی در ایران چندان متأثر از تغییر در قیمت آنها نبوده و یا تأثیرپذیری آنها با گذشت زمان طولانی صورت می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: حامل انرژی، تقاضای انرژی، انرژی نهایی، مصرف انرژی، شدت انرژی، فرآورده‌های نفتی.

۱. مقدمه

پژوهش‌های متعدد پژوهشگران در سطح جهان نشان داده است روند شتابان توسعه اقتصادی و صنعتی در کشورهای جهان تا حدود بسیار زیادی به سطح مصرف کارآی حامل‌های انرژی ارتباط می‌یابد. در دنیای امروز، انرژی بیشترین سهم را در تجارت جهانی به خود اختصاص داده و در تمامی فعالیت‌های بشری جایگاه ویژه‌ای یافته است. با شروع انقلاب صنعتی و شکل گرفتن صنایع، حامل‌های انرژی به عنوان یکی از عوامل مهم تولید شناخته شده‌اند. به این ترتیب با تداوم روند رشد و توسعه اقتصادی و صنعتی، مصرف حامل‌های انرژی پس از تکانه نفتی ۱۹۷۳ به صورت بسیار جدی مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

کشور ما ایران، ضمن برخورداری از حدود ۱۰٪ ذخایر قابل استحصال انرژی و حداقل ۱۵٪ ذخایر گاز جهان، به دلیل همجواری با منابع انرژی حوزه دریای خزر و خلیج فارس و نیز، دسترسی به آبراه‌های بین‌المللی برای مبادله حامل‌های انرژی از جایگاهی بسیار ویژه و مطلوب در جهان برخوردار است (ولی‌ئی، ۱۳۸۲، ص ۹۲). اما، افزایش بی‌رویه مصرف انرژی در کشور به عنوان یک کالای مصرفی و نه عامل تولید، از مهمترین معضلاتی است که امروزه گریبان‌گیر آن هستیم.

در مطالعه حاضر رفتار مصرف حامل‌های انرژی در ایران با استفاده از مدل بردارهای خودرگرسیون (VAR) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. تقاضای حامل‌های انرژی در ایران شامل برق، گاز طبیعی و فراورده‌های نفتی است که این سه حامل تقریباً ۹۸/۴۱٪ مصرف انرژی کشور را دربردارند و می‌توان آنها را به عنوان نماینده کل تقاضای انرژی در کشور در نظر گرفت (مزرعتی، ۱۳۷۸، ص ۳).

۲. پیشینه پژوهش

توتو و جانسون^۱ (۱۹۸۳) در مقاله خود با عنوان تقاضای داخلی نفت اوپک؛ پیش‌بینی فراورده‌ها برای ۱۹۸۵ و ۱۹۹۰ مصرف سرانه فراورده‌های نفتی را به صورت تابعی از GDP واقعی سرانه و قیمت واقعی فراورده‌های نفتی (حسب مورد) برای ۵ کشور از مجموع کشورهای عضو اوپک یعنی کشورهای اکوادور، اندونزی، ایران، عربستان سعودی و ونزوئلا برآورد کرده‌اند (رنجبر فلاح، ۱۳۸۰، ص ۴۲). آنها معتقد هستند ۴ عامل اساسی زیر موجب عدم صحت پیش‌بینی‌های انجام شده در مطالعات گذشته سایر پژوهشگران بوده است:

1. L. Totto, T.M. Johnson (1983).
2. Organization of Petroleum Export Countries .

۱. در نظر گرفتن متغیرها به صورت خطی در مدل‌های برازش شده؛ که این کار تنها زمانی ضرایب صحیحی را به دست می‌دهد که شرایط گذشته در آینده نیز مورد انتظار باشد.
۲. نوع روش‌های پیش‌بینی که مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ترکیب محصولات نفتی را کاملاً مشخص نمی‌کند.
۳. در تمامی مطالعات انجام شده تلاشی در جهت کمی کردن تأثیر افزایش قیمت‌ها بر مصرف داخلی صورت نگرفته است.
۴. سعی عمومی کشورهای عضو اوپک برای بیش از واقع نشان دادن مصارف داخلی، انگیزه‌های سیاسی بوده است؛ و این عملکرد می‌تواند انتظارات مربوط به بازارهای آتی را تحت تأثیر قرار دهد.

آنها سپس در مطالعه خود با در نظر گرفتن جنبه‌های فوق به فرآورده‌های نفتی به عنوان نهاده‌های تولید و نه کالای مصرفی نهایی نگاه می‌کنند و نتیجه می‌گیرند که کشش‌های درآمدی تقاضای فرآورده‌های نفتی (در ایران) به لحاظ آماری معنی دار نیستند. نکته قابل توجه در مطالعات آنها ایستا بودن مدل آنها بوده و این به معنی پذیرفتن این پیش فرض است که تغییرات درآمد و قیمت در تقاضای فرآورده‌های نفتی "آنی" است و نیز کشش درآمدی و قیمتی تقاضا ثابت است.

توماس فوم بای و جوزف هیشبرگ^۱ (۱۹۸۹) از سه متغیر تغییر در قیمت واقعی نفت، درصد تغییر در اشتغال بخش‌های غیر کشاورزی تگزاس، و درصد تغییر در اشتغال بخش‌های غیر کشاورزی سایر ایالت‌های آمریکا برای اطلاعات سال‌های ۱۹۷۴-۱۹۸۸ در قالب یک مدل خودرگرسیون برداری استفاده کرده و نتیجه گرفتند که این فرضیه که تغییرات قیمت در اقتصاد تگزاس سهم بسزایی دارد خیلی قابل اعتماد نیست.

گپالاکریشنان و تیان^۲ (۱۹۹۲)، در مطالعه خود با عنوان "اثر تکانه‌های قیمتی نفت بر اقتصاد هاوایی، از طریق به‌کارگیری مدل‌های خود رگرسیون برداری با استفاده از اطلاعات مربوط به سال‌های ۱۹۷۴-۱۹۸۶" برای داده‌های قیمت حقیقی نفت، نرخ بهره، تولید ناخالص ملی حقیقی و سه متغیر منطقه‌ای کل نیروی کار هاوایی، شاخص قیمت مصرف کننده و درآمد شخصی واقعی به این نتیجه رسیده‌اند که تکانه‌های قیمتی نفت تأثیر مثبت بر نرخ‌های بهره و قیمت‌ها دارد. آنها همچنین در پژوهش خود به تأثیر منفی تکانه‌های قیمتی نفت بر تولید ناخالص ملی واقعی پی بردند، ولی نتیجه می‌گیرند که این تأثیر منفی

1. Thomas Fomby & Joseph Hirschberg (1989).
2. Gopalakrishnan & Tian (1992).

با اثرات مثبت اشتغال خنثی می‌شود. در مدل به‌کار گرفته‌شده ایشان متغیر قیمت نفت به عنوان یک متغیر برون‌زا وارد مدل شده است.

حمید افتخاری (۱۳۶۲)، با استفاده از روش‌های سری زمانی تابع مصرف فرآورده‌های نفتی ایران را طی سال‌های ۱۳۴۰-۱۳۶۱ برآورد کرده و بر این اساس، مصارف فرآورده‌های نفتی را برای سال‌های ۱۳۶۲-۱۳۶۷ پیش‌بینی کرده است. وی در مطالعه خود به این نتیجه رسیده است که روش‌های آماری مبتنی بر رشد، در برآوردهای بلندمدت و میان‌مدت کارایی چندانی ندارند. البته، این مطلب حائز اهمیت است که ایشان از متغیرهای اقتصادی نظیر قیمت‌ها و درآمد که توضیح‌دهنده‌های خوبی برای رفتار مصرفی جامعه هستند، استفاده نکرده است.

الجنابی^۱ (۱۹۷۴)، در مطالعه خود به برآورد تقاضای انرژی در کشورهای عضو اوپک پرداخته و سعی کرده است اثرات روند گذشته مصرف انرژی را در کشورها بر صادرات نفت و گاز اوپک بررسی کند. وی در مطالعه خود کشش‌های قیمتی را مد نظر قرار نداده که شاید دلیل عمده آن اعتقاد به بی‌اهمیت بودن آنها در کشورهای عضو اوپک باشد.

صالحی اصفهانی (۱۹۹۳)، در مطالعه‌ای با هدف بررسی بازار فرآورده‌های نفتی، پارانه‌ها و تعیین قیمت کارآی انواع فرآورده‌ها به برآورد توابع تقاضای فرآورده‌های نفتی پرداخته است. وی نتیجه می‌گیرد انحراف در مصرف فرآورده‌ها و رشد بی‌رویه آنها بیشتر به دلیل عرضه فراوان و قیمت ارزان آنها بوده است. به این ترتیب، اگر روند مصرف به همین منوال ادامه یابد و ظرفیت‌های تولیدی تغییر نکند، میزان نفت خام در دسترس برای صادرات ناچیز خواهد بود. بنابراین، باید قیمت‌گذاری کارآی برای فرآورده‌ها مد نظر قرار گیرد.

نکته قابل توجه در مطالعه اصفهانی این است که معادلات به صورتی برآزش نشده‌اند که بتوانند نقش قیمت و درآمد را بر تقاضا نشان دهند. همچنین، برای نفت سفید و گاز طبیعی یک تابع تقاضای مرکب برآورد شده است که در این حالت کشش‌های محاسباتی معرف کشش نفت سفید و یا گاز طبیعی به طور مجزا نخواهند بود.

محمد مزرعتی (۱۳۷۳)، در پژوهش خود به برآورد کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای حامل‌های انرژی پرداخته است. وی همچنین، در مطالعه خود (مزرعتی، ۱۳۷۸) با استفاده از اطلاعات مربوط به دوره ۱۳۵۳-۱۳۷۶ تقاضای حامل‌های انرژی را با استفاده از روش‌های الگوسازی VAR و BVAR مدل‌سازی کرده است. وی نشان داده است که الگوسازی به روش بی‌زی^۲ دارای عملکرد بهتری در پیش‌بینی‌هاست. وی همچنین، الگوی جدید بردارهای خودرگرسیون ساختاری به روش بی‌زی SBVAR را برای ایران پیشنهاد و مورد برآزش

1. AL – Janabi. (1971).

2. Bayesian Method.

قرار داده است. وی در مطالعه خود نشان داده است که سیاست‌های غیر قیمتی دارای اثرات بهتری بر صرفه جویی انرژی در مقایسه با سیاست‌های قیمتی هستند.

۳. روند مصرف، قیمت و شدت انرژی در ایران

۳-۱. روند مصرف حامل‌های انرژی در ایران

حامل‌های اصلی مورد مطالعه در مقاله حاضر شامل فراورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق است که در مجموع حدود ۹۸/۴۱٪ کل مصرف نهایی انرژی را شامل می‌شوند. فراورده‌های نفتی شامل گاز مایع، بنزین، سوخت‌های هواپیما، نفت سفید، نفت گاز و نفت کوره است که در مجموع حدود ۶۱/۸٪ کل مصرف انرژی نهایی را در کشور به خود اختصاص می‌دهند (مزرعتی، ۱۳۷۸، ص ۶۷).

متوسط رشد سالیانه مصرف فراورده‌های نفتی طی دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۰، در حدود ۷/۳٪ بوده است که با توجه به جایگزینی گاز طبیعی طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۸۰ به حدود ۳/۲٪ رسیده است. سهم مصرف فراورده‌های نفتی در سال ۱۳۴۶ برای نفت کوره، نفت گاز، نفت سفید و بنزین به ترتیب، ۳۰/۳٪، ۲۹/۵٪، ۲۴/۴٪ و ۱۱/۵٪ بوده که در سال ۱۳۸۰ به ۲۱/۴٪، ۳۵/۲٪، ۱۲/۶٪ و ۲۳/۵٪ رسیده است (ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف).

متوسط رشد سالیانه مصرف نفت گاز طی دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۰ حدود ۷/۹٪ بوده که در دوره ۱۳۷۰-۱۳۸۰ به ۲/۸٪ کاهش یافته است. مصرف نفت کوره طی دوره مورد مطالعه دارای رشد متوسط ۶/۲٪ بوده است که در دوره ۱۳۷۰-۱۳۸۰ به ۲٪ کاهش یافته است. رشد متوسط سالیانه مصرف بنزین نیز در دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۰ حدود ۸/۲٪ بوده است که بیشترین میزان رشد در بین فراورده‌های نفتی را دارا بوده است. بر خلاف سایر فراورده‌های نفتی، رشد سالیانه مصرف بنزین طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۸۰ چندان کاهش نیافته و در سطح ۶/۶٪ باقی مانده است.

متوسط رشد سالیانه مصرف نفت سفید نیز در پی سیاست جایگزینی گاز طبیعی طی سال‌های اخیر کاهش یافته و به ۱/۱٪ در سال رسیده است. رشد متوسط سالانه مصرف گاز مایع و سوخت هواپیما در طول دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۰ به ترتیب، برابر با ۱۴/۹٪ و ۷/۱٪ بوده است که طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۸۰ به ۸/۴٪ و ۴٪ کاهش یافته است.

در یک جمع‌بندی کلی این نتیجه حاصل می‌شود که رشد مصرف فراورده‌های نفتی طی سال‌های اخیر به دلیل جایگزینی گاز طبیعی (برای سوخت‌های قابل جایگزین) و نیز، افزایش قیمت رسمی فراورده‌های نفتی کاهش یافته است. البته، اثر تغییر قیمت رسمی بر کاهش مصرف چندان زیاد نبوده، چرا که به عنوان مثال؛ کاهش مصرف بنزین با توجه به

افزایش قیمت آن حتی با وجود جایگزینی گاز مایع (خصوصاً برای تاکسی‌ها) چندان زیاد نبوده است.

رشد متوسط مصرف سالانه گاز طبیعی طی دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۰ برابر با ۱۲/۸٪ بوده است که عمدتاً ناشی از افزایش مصرف گاز طبیعی طی یک دهه اخیر است؛ به طوری که متوسط رشد طی دهه اخیر به ۲۰٪ رسیده است. این افزایش شدید ناشی از افزایش تقاضا و نیز سیاست جایگزینی گاز طبیعی با سایر حامل‌های انرژی بوده است.

جدول ۱- متوسط رشد و سهم مصرف‌فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق در ایران

سهم مصرف (درصد)		متوسط رشد مصرف طی دوره (درصد)		نام حامل انرژی
۱۳۸۰	۱۳۴۶	۱۳۸۰-۱۳۷۰	۱۳۸۰-۱۳۴۶	
۲۱/۴	۳۰/۳	۲	۶/۲	نفت کوره
۳۵/۲	۲۹/۵	۲/۸	۷/۹	نفت گاز
۱۲/۶	۲۴/۴	۱/۱	۶/۶	نفت سفید
۲۳/۵	۱۱/۵	۶/۶	۸/۲	بنزین
۵/۸	۰/۹	۴/۸	۱۴/۹	گاز مایع
۱/۵	۳/۲	۴	۷/۱	سوخت هواپیما
۵۶/۵	۶۱/۸	۳/۲	۷/۳	فرآورده‌های نفتی
۳۴/۸	۱/۵	۲۰	۱۲/۸	گاز طبیعی
۸/۷	۲	۷/۲	۱۳/۵	برق

منبع: ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف.

محاسبات نویسندگان با استفاده از اطلاعات کسب شده از شرکت ملی گاز ایران، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران و وزارت نیرو.

متوسط رشد سالانه مصرف برق نیز طی دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۰ در سطح ۷/۲٪ بوده است که علت آن تکامل بازار برق طی سال‌های گذشته و پوشش مصرف در بیشتر نقاط کشور، تعدیل قیمت‌ها و اعمال برخی سیاست‌های غیر قیمتی از جمله؛ آگاه سازی بوده است. با توجه به مطالب فوق بیشترین رشد متوسط مصرف طی سال‌های اخیر مربوط به گاز طبیعی، برق و سپس، فرآورده‌های نفتی بوده است. جدول (۱) متوسط رشد و سهم مصرف حامل‌های عمده انرژی در ایران را نشان می‌دهد.

۲-۳. قیمت اسمی و واقعی حامل‌های انرژی

قیمت اسمی حامل‌های انرژی طی سال‌های متمادی ثابت بوده و یا تغییرات اندکی را تجربه کرده است، به جز قیمت بنزین که از سال ۱۳۵۹ افزایش یافت، تغییرات عمده سایر

حامل‌های انرژی از آغاز برنامه دوم در سال ۱۳۷۴ بر اساس تبصره ۱۹ قانون برنامه دوم صورت پذیرفت. با توجه به تعدیلاتی که در قیمت فرآورده‌های نفتی انجام گرفت، قیمت اسمی بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، گاز مایع و سوخت هواپیما به ترتیب، به سطح ۱۲۰، ۱۲۰، ۴۵۰، ۲/۲، ۶۴/۶۸ و ۴۵/۴ ریال برای هر لیتر در سال ۱۳۸۰ افزایش یافت. این قیمت‌ها در سال ۱۳۴۶ به ترتیب در سطح ۱/۲، ۲/۲، ۲/۶، ۵ و ۴/۵ ریال قرار داشته‌اند. متوسط وزنی قیمت فرآورده‌های نفتی که در سال ۱۳۴۶، حدود ۲/۷ ریال برای هر لیتر بوده به ۱۸۱/۳ ریال در سال ۱۳۸۰ رسیده است که از رشد متوسط سالانه ۳۰٪ (برای سال‌های دهه ۱۳۷۰) برخوردار بوده است (ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف). همچنین، متوسط قیمت هر متر مکعب گاز طبیعی از ۱/۶ ریال در سال ۱۳۴۶ به ۶۹/۷ ریال برای هر متر مکعب در سال ۱۳۸۰ افزایش یافته است. متوسط رشد سالانه قیمت اسمی گاز طبیعی طی سال‌های اخیر (دهه ۷۰) حدود ۳۴٪ بوده که ۴٪ بیشتر از قیمت فرآورده‌های نفتی است.

متوسط قیمت هر کیلو وات ساعت برق از ۶/۴ ریال در سال ۱۳۴۶ به ۹۶/۷۶ ریال رسیده است که از رشد متوسط سالانه ۳۲٪ برخوردار بوده است.

محاسبه قیمت واقعی حامل‌های انرژی براساس شاخص قیمت کل خرده فروشی مصرف‌کننده (CPI)، بر مبنای سال ۱۳۶۹ صورت گرفته است. قیمت واقعی بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، گاز مایع و سوخت هواپیما به ترتیب، در سطح ۱۱۷، ۴۸، ۴۲، ۲۳، ۸۷ و ۹۶ ریال در هر لیتر در سال ۱۳۴۶ بوده است که این قیمت‌ها در سال ۱۳۸۰ به ترتیب به ۵۱، ۱۲، ۱۲، ۶، ۷ و ۴ ریال برای هر لیتر رسیده است (نمایه پژوهشکده بانک مرکزی، ۱۳۴۶-۱۳۸۰).

متوسط وزنی قیمت واقعی فرآورده‌های نفتی که در سال ۱۳۴۶ حدود ۴۸/۲ ریال در هر لیتر بوده است، در سال ۱۳۸۰ به ۱۸۱/۲ ریال کاهش یافته است. همچنین، متوسط قیمت واقعی هر متر مکعب گاز طبیعی از ۳۲/۷ ریال در سال ۱۳۴۶ به ۷ ریال در سال ۱۳۸۰ کاهش یافته است. متوسط قیمت واقعی هر کیلو وات ساعت برق نیز از ۲۶/۹ ریال در سال ۱۳۴۶ به ۱۰ ریال در سال ۱۳۸۰ کاهش یافته است. بیشترین کاهش قیمت در سال‌های اخیر مربوط به گاز طبیعی بوده است که دلیل آن اعمال سیاست جایگزینی گاز طبیعی با فرآورده‌های نفتی است. جدول (۲) قیمت اسمی و واقعی فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق را در ایران نشان می‌دهد.

جدول - ۲. قیمت اسمی و واقعی فراورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق در ایران

قیمت واقعی (ریال در هر لیتر / متر مکعب)		قیمت اسمی (ریال در هر لیتر / متر مکعب)		نام حامل انرژی
۱۳۸۰	۱۳۴۶	۱۳۸۰	۱۳۴۶	
۶	۲۳	۶۴/۲	۱/۲	نفت کوره
۱۲	۴۲	۱۲۰	۲/۲	نفت گاز
۱۲	۴۸	۱۲۰	۲/۵	نفت سفید
۵۱	۱۱۷	۴۵۰	۶	بنزین
۷	۸۷	۶۸/۲	۴/۵	گاز مایع
۴	۹۶	۴۵/۴	۵	سوخت هواپیما
۱۸/۲	۴۸/۲	۱۸۱/۳	۲/۷	فراورده‌های نفتی
۷	۳۲/۷	۶۹/۷	۱/۶	گاز طبیعی
۱۰	۲۶/۹	۹۶/۷۶	۶/۴	برق

منبع: ترازنامه انرژی، سال‌های مختلف.

محاسبات نویسندگان با استفاده از اطلاعات کسب شده از شرکت ملی گاز ایران، شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران و وزارت نیرو.

۳-۳. شدت انرژی^۱

یکی از شاخص‌های مهم اقتصادی نسبت مصرف انرژی به کل تولید کشور است که در واقع، نشان می‌دهد به ازای هر ریال تولید چه مقدار انرژی مصرف شده است. از دهه ۱۹۶۰ به بعد روند نزولی شدت انرژی در کشور های صنعتی آغاز و پس از شوک‌های اول و دوم نفتی سرعت آن بیشتر شده است و با اجرای سیاست‌های مدیریت صحیح و صرفه جویی در مصرف ذخایر منابع انرژی، مقدار انرژی لازم برای هر واحد تولید کاهش یافته است. اما در ایران، این نسبت همراه با نوساناتی مداوم همیشه روند صعودی داشته است. به عبارت دیگر، به ازای هر واحد افزایش در تولید، مصرف انرژی بیش از یک واحد افزایش یافته است. بر اساس نظریه‌های موجود انتظار می‌رود که در شرایط رکودی مصرف انرژی کاهش و در شرایط رونق اقتصادی مصرف آن افزایش یابد. با توجه به آمارهای موجود در برخی از سال‌ها، با وجود اینکه تولید ناخالص داخلی رشد منفی داشته، اما مصرف انرژی دارای رشدی مثبت بوده است؛ نتیجه‌ای که می‌توان گرفت این است که رابطه تنگاتنگی بین این دو متغیر در

1. Energy Intensity.

سطح کلان وجود ندارد و این بیشتر به این علت است که مصرف کننده عمده انرژی در کشور، در بخش تولید واقعی قرار ندارد. اگر مصرف انرژی در بخش‌های غیر تولیدی منطقی‌تر شود می‌توان روند رشد واقعی تر انرژی در سطح کلان را به دست آورد.

در بسیاری از سال‌ها که اقتصاد با رشد منفی روبه‌رو بوده است، رشد مصرف انرژی هم با یک وقفه کاهش یافته، اما منفی نشده است. از این مطلب می‌توان نتیجه گرفت که به دنبال افزایش رشد اقتصادی در کشور تقاضای انرژی نیز افزایش می‌یابد؛ ولی با کاهش رشد اقتصادی یا منفی شدن آن تقاضای انرژی در کشور با همان آهنگ کاهش نیافته و اگر هم کاهش یافته همراه با یک وقفه یک تا دو ساله بوده است. این چسبندگی در عادات مصرفی تقاضای انرژی در ایران از عمده دلایل افزایش شدت انرژی در کشور بوده است، به گونه‌ای که در میان بیشتر کشورهای جهان شدت انرژی بالایی را به خود اختصاص داده است (مزرعتی، ۱۳۷۳). در جدول (۳) متوسط رشد سالانه مصرف نهایی انرژی و نیز رشد متوسط تولید ناخالص داخلی به قیمت عوامل (ثابت ۱۳۶۹) آمده است.

۴. مدل سازی خودرگرسیون برداری (VAR)

شیوه مدل سازی خودرگرسیون برداری با استفاده از روش‌شناسی بیزین توسعه داده شده است. اولین بار لیترمن^۱ (۱۹۸۰) این روش‌شناسی را برای برآورد مدل خودرگرسیون برداری به کار گرفت که به مدل بردارهای خود رگرسیونی بیزین BVAR معروف شد و از آن پس، در طی کمتر از یک دهه در مسائل کاربردی متعددی در کشورهای جهان مورد استفاده قرار گرفت. در این روش از مدل سازی تصریح و تدوین مدل به عنوان نظریه حاکم تلقی نمی‌شود، بلکه به دست آوردن پیش‌بینی‌های بهتر، معیار اصلی کار است.

مدل خودرگرسیون برداری، در واقع یک نوع ارتباط خطی بین متغیر وابسته و وقفه‌هایی از کلیه متغیرهای حاضر در سیستم معادلات است که تعداد وقفه‌ها را به صورت تجربی مدل ساز تعیین می‌کند. شکل کلی یک سیستم معادلات خودرگرسیون برداری با n متغیر وابسته Π (معادله) به شکل زیر است:

$$Y_t = A(L)Y_t + C + \varepsilon_t \quad (1)$$

که در آن، L مبین عملگر وقفه^۲، C ماتریس عرض از مبدأ معادلات و ε_t نیز عناصر اخلال تصادفی بوده که فرض می‌شود دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت δ^2 هستند.

1. Litterman.
2. Lag Operator.

همچنین، عناصر ماتریس A به صورت (A_{ij}) تعریف می‌شوند:

$$A_{ij}(L) = \sum_{k=1}^k L^k a_{ijk} \quad (2)$$

که در آن، i ، معرف شماره معادله، j شماره متغیر حاضر در معادله و k تعداد وقفه مورد نظر برای سیستم است. در یک سیستم خودرگرسیون بردار (VAR) اگر متغیر تقاضا تنها تابعی از وقفه‌های تمامی متغیرهای حاضر در سیستم باشد، به آن سیستم خودرگرسیون برداری غیرساختاری می‌گویند. بر اساس نظر سیمز^۱ (۱۹۸۰)، مسئله اساسی در این میان تعیین طول وقفه‌ها و تعیین متغیرهای مناسب جهت حضور در سیستم است. گاهی اوقات محدودیت درجه آزادی تعداد وقفه‌ها را تعیین می‌کند، اما در شرایطی که تعداد مشاهدات زیاد است، تعیین مقدار وقفه بهینه ضروری است. برای این منظور می‌توان از آزمون نسبت حداکثر احتمالات ممکن (Maximum Likelihood) و معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC) و شوارتز (SIC) استفاده کرد. معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC) و شوارتز (SIC) به شرح زیر قابل بیان هستند (ابریشمی، ۱۳۷۸، ص ۹۵۷):

$$\begin{aligned} AIC &= T \log \left| \sum \right| + 2N \\ SIC &= T \log \left| \sum \right| + N \log(T) \end{aligned} \quad (3)$$

که در آن، $\left| \sum \right|$ دترمینان ماتریس واریانس-کوواریانس پسماندهای^۲ سیستم، N تعداد کل پارامترهای برآورد شده سیستم و T تعداد مشاهدات مورد استفاده است. با برآورد در دوره زمانی یکسان، آن مدلی برگزیده می‌شود که کمترین مقادیر آکائیک و شوارتز را دارا باشد؛ چرا که با افزودن متغیرهای توضیحی خطا کم می‌شود، اما این امر به قیمت افزایش N (تعداد پارامترهای برآورد شده) صورت می‌گیرد. به این ترتیب، اگر در برآوردی کمترین مقدار آکائیک و شوارتز حاصل شود، مقدار بهینه وقفه را خواهیم داشت.

تصریح مدل خودرگرسیون برداری بسیار ساده بوده و با حداقل اتکا به نظریه تعیین می‌شود. در این مدل کافی است متغیرهای خاص در سیستم (بر اساس تحلیل روابط اقتصادی) تعیین شده و تعداد وقفه‌ها نیز مشخص شود. آن‌گاه به سادگی بین همه متغیرهای حاضر در سیستم یک رابطه خطی برقرار می‌شود. در مدل‌های خودرگرسیون برداری از آنجایی که همبستگی خطی بین متغیرهای سمت راست محتمل

1. Sims.
2. Residuals.

بوده و منجر به هم خطی^۱ شدید می‌شود، لذا، نمی‌توان از معیار تابع آزمون کننده t برای تک تک ضرایب جهت کوچک کردن^۲ مدل استفاده کرد.

سیمز و دوان^۳ (۱۹۸۴) نشان داده‌اند که نیازی به بررسی ایستایی^۴ متغیرهای حاضر در مدل خودرگرسیون برداری نیست. حتی اگر ایستایی نیز وجود نداشته باشد، نباید با تفاضل‌گیری سری‌ها را ایستا کرد، چرا که اعتقاد بر این است با تفاضل‌گیری سری‌ها، بسیاری از اطلاعات موجود در سری‌ها که می‌تواند ایجاد همگرایی کرده و پیش‌بینی‌های خوبی را به دست دهد از بین می‌رود. بنابراین، اگر سری‌ها دارای ریشه واحد^۵ هم باشند، نباید تفاضل‌گیری کرده و به این ترتیب، داده‌ها را نباید روند زدایی^۶ کرد. از این رو، در مقایسه با سایر انواع مدل‌های پیش‌بینی، مدل خودرگرسیون برداری از مشکلات کمتری برای برآورد برخوردار است. این مدل بر خلاف روش کلاسیک به روابط تجربی بین متغیرها بیشتر تأکید می‌کند و در این روش ادعا می‌شود که ضرایب ساختاری نمی‌توانند تصریح و برآورد شوند.

طبق بررسی‌های انجام شده (مزرعتی، ۱۳۷۸)، در مقایسه پیش‌بینی درون دوره‌ای کوتاه مدت سیستم خودرگرسیون برداری بهتر از مدل‌های تصحیح خطای ساختاری (SEM)^۷ و مدل‌های ساختاری اقتصادسنجی (SCM)^۸ عمل می‌کند. همچنین نوفرستی (۱۳۷۸) نیز در مطالعات خود به این موضوع چنین اشاره می‌کند: «معمولاً مشاهده شده است که پیش‌بینی‌های ارائه شده بر اساس الگوهای خودرگرسیون برداری بهتر از پیش‌بینی‌های ارائه شده با الگوهای معادلات همزمان بوده است.» از آنجاکه در مدل‌سازی خودرگرسیون برداری تعبیر و تفسیر تکی ضرایب غالباً دشوار است، در عمل اغلب تابع عکس‌العمل تخمین زده می‌شود. در سیستم خودرگرسیون برداری تابع واکنش، واکنش متغیر وابسته را به تکانه‌های وارده به جملات خطا نشان می‌دهد (ابریشمی، ۱۳۷۸). لذا در این پژوهش، برای تحلیل رفتار مصرف‌کننده‌های انرژی از الگوی خودرگرسیون برداری استفاده شده است. مصرف‌کننده در اینجا تابعی از مصرف همان نوع حامل با وقفه معین، قیمت واقعی نوع حامل، تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۱۳۶۹ و جمعیت فرض

1. Multicollinearity.
2. Pairing Down.
3. Sims & Doan (1984).
4. Stationary.
5. Unit Root.
6. Detrending.
7. Structural Econometric Model.
8. Structural Cointegrated Correction Model.

شده است که در این میان جمعیت متغیر برون‌زا است. انتظار معمول آن است که به جز قیمت، سایر متغیرها ارتباطی مثبت با متغیر وابسته داشته باشند. مزیت این روش نسبت به سایر روش‌های مورد استفاده در این است که متغیرها را به صورت درون‌زا در مدل وارد می‌کند. و هر متغیر درون‌زا با استفاده از مقادیر گذشته خود و مقادیر باوقفه از تمامی دیگر متغیرهای درون‌زای مدل توضیح داده می‌شود. این روش کمک می‌کند تا معضلات مربوط به مدل‌سازی‌های معمول از قبیل ناسازگاری^۱ تخمین‌ها و عدم کارایی آنها به دلیل احتمال تصادفی (استوکاستیک)^۲ بودن متغیر(های) توضیحی و همبستگی آنها با عامل اخلاص (که در مدل‌های با وقفه توزیعی امکان‌پذیر و معمول است)، از میان برداشته شود.

۷. نتایج حاصل از آزمون مدل

همان‌طور که در بخش قبل گفته شد، مصرف حامل‌های انرژی در مقاله حاضر به صورت تابعی از مصرف همان نوع حامل با وقفه معین، قیمت واقعی نوع حامل، تولید ناخالص داخلی به قیمت عوامل ثابت (سال ۱۳۶۹) و جمعیت فرض شده است. برای این منظور، داده‌های مربوط به متغیرها با استفاده از منابع موجود استخراج و قیمت‌های واقعی هر حامل با استفاده از شاخص قیمت خرده‌فروشی مصرف‌کننده محاسبه شد. سپس، با استفاده از نرم افزار Eviews به آزمون مدل در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۰ پرداخته شد.

با توجه به آنچه که در مورد مدل‌های خودرگرسیون برداری گفته شد؛ گام اول تعیین بهینه تعداد وقفه‌هاست. برای این کار می‌توان از معیار اطلاعاتی آکایک (AIC) و شوارتز (SIC) استفاده کرد. با استفاده از داده‌های موجود نسبت به تعیین بهینه تعداد وقفه متغیرها برای حامل‌های انرژی شامل فراورده‌های نفتی، گاز و برق یک‌بار با در نظر گرفتن متغیر برون‌زای جمعیت و بار دیگر بدون در نظر گرفتن آن مبادرت شد. نتایج حاصل از این مطلب در جدول (۴) آمده است.

با توجه به ارقام به‌دست آمده آکایک و شوارتز برای تمامی حامل‌های انرژی مورد مطالعه تعداد وقفه بهینه یک دوره است، چرا که در تمامی موارد معیارهای فوق کمترین مقدار را دارا هستند.

به این ترتیب، مصرف هر حامل انرژی در دوره فعلی تابعی از متغیرهای مصرف همان حامل، قیمت واقعی حامل انرژی و تولید ناخالص داخلی واقعی (به قیمت ثابت ۱۳۶۹) در دوره قبل است؛ ضمن اینکه جمعیت نیز به صورت برون‌زا در مدل در نظر گرفته می‌شود. برای

1. Unconsistency.
2. Stochastic.

نشان دادن سهم تأثیرگذاری تکانه در هر متغیر بر مصرف حامل انرژی از تجزیه واریانس استفاده می‌شود. با توجه به آنچه که از جداول و نمودارهای مربوط به تجزیه واریانس حاصل شد، این نتیجه گرفته می‌شود که با گذر زمان خطای پیش‌بینی افزایش یافته و این امر ناشی از تأثیر سایر متغیرها بر مصرف حامل انرژی مورد نظر بوده است. به عبارت دیگر، به عنوان مثال؛ سهم تأثیرگذاری تغییر قیمت واقعی یک حامل انرژی بر میزان مصرف آن در دوره اول زیاد نیست، بلکه در دوره‌های بعد به تدریج این سهم افزایش می‌یابد. به این ترتیب، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دوره زمانی تأثیرگذاری تکانه قیمتی هر حامل انرژی (یا سایر حامل‌های انرژی) بر مصرف آن بسیار طولانی خواهد بود.

جدول ۴- میزان آکایک و شوارتز برای حامل‌های اصلی انرژی

نام حامل انرژی	تعداد وقفه لحاظ شده	معیار اطلاعاتی آکایک		معیار اطلاعاتی شوارتز	
		بدون جمعیت	با جمعیت	بدون جمعیت	با جمعیت
فراورده‌های نفتی	یک دوره	۱۷/۱۹۷۶۷	۱۸/۱۹۵۳۴	۱۸/۴۷۶۷۳	۱۸/۱۵۴۴۱
	دو دوره	۱۸/۰۷۸۲۵	۱۸/۲۳۹۲۱	۱۸/۵۵۹۸۴	۱۸/۴۴۴۶۸
گاز طبیعی	یک دوره	۲/۹۴۴۰۸	۲/۹۱۲۳۵	۳/۰۹۹۳۷	۳/۱۷۰۸۲
	دو دوره	۳/۰۹۰۴۸	۳/۰۴۱۲۶	۳/۳۶۱۸۹	۳/۴۵۶۹۲
برق	یک دوره	۱۷/۴۳۷۷۱	۱۷/۳۸۴۱۹	۱۷/۵۶۵۵۸	۱۷/۶۶۴۴۵
	دو دوره	۱۷/۵۵۲۳۹	۱۷/۴۹۶۴۱	۱۷/۸۱۷۰۴	۱۷/۹۱۸۸۳

اوج واکنش مصرف حامل انرژی در نتیجه تغییر قیمت آن را می‌توان با استفاده از تابع واکنش آنی به دست آورد. در نمودارهای واکنش آنی این مطلب به راحتی قابل دستیابی است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، اوج واکنش مصرف حداقل دو دوره بعد (۲ سال بعد) فرا می‌رسد. به این ترتیب، می‌توان گفت به عنوان مثال با افزایش قیمت یک حامل انرژی حداقل ۲ سال طول می‌کشد تا میزان مصرف آن (مطابق قانون تقاضا) تغییر چشمگیری پیدا کند و این به آن دلیل است که درجه جایگزینی بین حامل‌های انرژی در ایران بسیار پایین است که این مطلب با آزمون علیت گرانجری که زیر بنای اساسی مدل‌سازی خودرگرسیون برداری است، بررسی می‌شود. این آزمون مبتنی بر این فرض است که اطلاعات مهم برای پیش‌بینی متغیر مصرف حامل‌های انرژی منحصرأ در داده‌های سری زمانی مربوط به آن متغیرها نهفته است. با استفاده از این آزمون مشاهده شد که درجه جایگزینی بین حامل‌های انرژی در ایران به دلیل زمان‌بر بودن تغییر و تعویض تأسیسات مربوط جهت جایگزینی پایین است و یا اینکه بسیار طول خواهد کشید تا این جایگزینی عملی شود.

به طور کلی با توجه به آنچه در قبل آمد، می‌توان این طور نتیجه‌گیری کرد که مصرف حامل‌های انرژی در ایران چندان متأثر از تغییر در قیمت آنها و یا سایر حامل‌ها نبوده و اگر هم متأثر باشد؛ این مطلب با گذشت زمان طولانی صورت می‌گیرد. از طرف دیگر، درجه جایگزینی بین حامل‌ها بسیار ناچیز بوده و این به دلیل زمان‌بر بودن تغییر و تعویض تأسیسات مربوط جهت جایگزینی است. با توجه به این مطالب می‌توان گفت برای جایگزینی یک حامل انرژی همچون گاز طبیعی به جای فراورده‌های نفتی لازم است قیمت گاز طبیعی در حد پایین (تا حد امکان) بدون تغییر باقی بماند و قیمت حامل‌های دیگر انرژی (فراورده‌های نفتی) به آرامی تغییر یابد و در عین حال، امکان توسعه انشعاب گاز فراهم شود. این امر باعث می‌شود تا مصرف گاز طبیعی در تمامی بخش‌ها مقرون به صرفه تر از سایر حامل‌ها شود. علاوه بر این، چون گاز طبیعی سوخت پاکیزه‌ای است و نیاز به ذخیره‌سازی ندارد، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بعد از جایگزین کردن گاز طبیعی می‌توان با افزایش حساسیت تقاضا نسبت به مصرف گاز طبیعی، طوری برنامه‌ریزی کرد تا مصرف آن بیش از حد معمول و به طور غیر طبیعی افزایش نیابد.

با توجه به اینکه تأثیرگذاری قیمت حامل انرژی به مصرف آن طی زمان طولانی صورت می‌گیرد، اتخاذ سیستم ایجاد تفاوت قیمت حامل‌ها بین بخش‌های مختلف تولیدی و مصرفی، جهت تولیدی کردن مصرف انرژی و حفظ مزیت نسبی انرژی برای تولیدکنندگان نیز مفید خواهد بود.

منابع

- افتخاری، حمید. (۱۳۶۲). روش کاربردی پیش‌بینی و برآورد مصرف فراورده‌های نفتی در داخل کشور در برنامه‌های میان مدت. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشکده اقتصاد دانشگاه شهید بهشتی.
- بانک مرکزی. *نماگرهای اقتصادی*. معاونت بررسی‌های اقتصادی بانک مرکزی. جمهوری اسلامی ایران، سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۰.
- پژوهشکده پولی و بانکی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. *نمایه و PDF*. سال‌های ۱۳۳۸-۱۳۸۰.
- رنجبر فلاح، محمدرضا. (۱۳۷۹). الگوی جامع تقاضای انرژی در ایران. *رساله دکتری*، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. (۱۳۷۶). *مجموعه آماری سری زمانی آمارهای اقتصادی، اجتماعی تا سال ۱۳۷۵*. معاونت امور اقتصادی و هماهنگی، دفتر اقتصاد کلان.
- صالحی اصفهانی، جواد. (۱۳۷۱). قیمت‌گذاری برای فراورده‌های نفتی در ایران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران.
- گجراتی، دامودار. (۱۳۷۱ و ۱۳۷۲). *مبانی اقتصاد سنجی*. ترجمه دکتر حمید ابریشمی، انتشارات دانشگاه تهران. مرکز آمار ایران. *سالنامه آماری* سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۰.
- مزرعتی، محمد. (۱۳۷۳). بررسی تقاضای عمده‌ترین حامل‌های انرژی در ایران. *رساله کارشناسی ارشد*، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
- مزرعتی، محمد. (۱۳۷۸). مقایسه عملکرد پیش‌بینی مدل‌های VAR، BVAR (تقاضای حامل‌های انرژی در ایران). *رساله دکتری*، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
- وزارت نیرو؛ *آمار تفصیلی صنعت برق ایران*، امور برق، سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۷۹.
- وزارت نیرو. *ترازنامه انرژی ایران*. سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۰.
- وزارت نیرو. (۱۳۷۷). *سی سال صنعت برق ایران به زبان آمار (۱۳۷۴-۱۳۷۶)*. امور برق.
- وزارت نفت. *عملکرد شرکت ملی نفت ایران، سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۷۵*. برنامه‌ریزی تلفیقی شرکت ملی نفت ایران.
- ولی‌ئی، محمد. (۱۳۸۱). بررسی رابطه میان مصرف و توسعه اقتصادی. *ماهنامه اقتصاد انرژی*، شماره ۳۸ و ۳۹.

- Doan T., R. Litterman & Sims, C. (1984). Forecasting and Conditional Projection Using Realistic Prior Distribution. *Econometric Review*, No.3, PP. 1-100.
- Gopalakrishnan, C. and Tian, X. (1992). The Impact of Oil-price on Hawaii's Economy: A Case Study Using Vector Autoregression. *Journal of Article Resource Relation Energy Systems and Policy*, Vol/Issue No. 15:4.
- Litterman R.B. (1981). A Bayesian Procedure Forecasting with VAR. Federal Reserve Bank of Minneapolis, *Working paper*.
- Sims C.A.(1980).Macroeconomic and Reality.*Econometrica*,Vol, 48.
- Thomas B. Fomby and Joseph G. (1989). Hirschberg, Texas in Transition: Dependence on Oil and the National Economy. *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Dallas, No. PP.11-28.