فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی

سال دوم/ شماره ۵/ زمستان ۱۳۹۵/ صفحات ۷۳-۵۵

تابع تقاضای برق خانگی شهرستان‌های منتخب استان تهران در زمان پیک و غیرپیک

ویدا ورهرامی

استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه شهید بهشتی

vida.varahrami@gmail.com

امروزه استفاده از برق در بخش خانگی به صورت گسترده‌ای افزایش یافته و نقش بسیار مهمی‌در رفاه خانوارها دارد. چون برق قابلیت ذخیره‌سازی ندارد، برنامه‌ریزی برای تولید بهینه برق در زمان‌های مختلف شبانه‌روز به خصوص زمان پیک و غیرپیک بسیار مهم و اساسی است. در این راستا تخمین صحیح تابع تقاضای برق خصوصاً تابع تقاضای برق بخش خانگی که سهم بسیار بالایی در مصرف برق کشور دارد، ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور در این مطالعه، با استفاده از داده‌های مربوط به شهرستان‌های تهران، ورامین و شهریار برای دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۸ با استفاده از مدل پنل و با روش GMM به تخمین کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای برق خانگی در کوتاه‌مدت و بلندمدت برای زمان پیک و غیرپیک مصرف پرداخته شد. نتایج برازش حاکی از این است که کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای برق خانگی در شهرستان‌های منتخب در دوره مورد بررسی در کوتاه‌مدت از بلندمدت کمتر و در زمان پیک از زمان غیرپیک کمتر بود. علامت کشش متقاطع تقاضای برق در زمان پیک و غیرپیک مثبت و حاکی از این است که تقاضای برق در زمان پیک و غیرپیک جانشین یکدیگر هستند. بنابراین سیاست‌گذاری صحیح قیمتی نقش مهمی در انتقال مصرف از زمان پیک به غیرپیک خواهد داشت.

واژگان کلیدی: تقاضای برق بخش خانگی، دوره پیک و غیرپیک مصرف، کشش قیمتی تقاضای برق، کشش درآمدی تقاضای برق، کشش متقاطع تقاضا.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۳

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

۱. مقدمه

در حال حاضر برق نقش زیادی در رشد و توسعه اقتصادی کشورها و از همه مهمتر در زندگی خانوارها دارد. به طوری که برق به یکی از مایحتاجات اساسی در سبد خانوارها تبدیل شده است. مصرف برق در ساعات مختلف شبانه‌روز با یکدیگر متفاوت است، به طوری‌که شرکت‌های توزیع برق در ساعاتی از شبانه‌روز با افزایش تقاضا و در ساعاتی با کاهش تقاضا مواجه می‌شوند. حال با تکنولوژی موجود امکان ذخیره‌سازی برق در ابعاد بزرگ میسر نیست. بنابراین در ساعات پیک مصرف، مدیریت عرضه بسیار مشکل خواهد بود، از طرفی ساخت نیروگاه‌های جدید برای تأمین برق مورد نیاز زمان پیک نیز با هزینه زیادی توأم است و در زمان غیرپیک مصرف عملاً این نیروگاه‌ها بلااستفاده می‌مانند.

طبق آمار مرکز توانیر، بیشترین سهم مصرف برق کشور را بخش خانگی به خود اختصاص می‌دهد که افزایش مصرف برق در این بخش، به خصوص در ساعات پیک مصرف، بخش صنعتی را با مشکلات عدیده‌ای مواجه می‌سازد. با این شرایط می‌توان گفت مدیریت عرضه و تقاضای برق به خصوص با استفاده از ابزار اقتصادی مثل قیمت بسیار مهم و ضروری است. در کشورهای مختلف، دولت‌ها با اعمال سیاست‌گذاری‌های صحیح قیمت به نوعی تقاضا را از زمان پیک مصرف به زمان غیرپیک منتقل می‌کنند.

شهر تهران به عنوان پایتخت ایران، بیشترین تعداد خانوارهای کشور را به خود اختصاص داده‌است. شهرستان‌های تهران، ورامین و شهریار نیز جز شهرستان‌هایی هستند که در آنها میزان مصرف برق بخش خانگی نسبتاً بالا است. بنابراین از آنجا که مصرف برق در ساعاتی از شبانه‌روز بسیار بالاتر از سایر اوقات است، برای مدیریت و برنامه‌ریزی برای عرضه بهینه برق در زمان پیک و غیرپیک باید توابع تقاضای مربوط به این دوره به خوبی برازش و کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای برق در بلندمدت و کوتاه‌مدت برازش گردد.

هدف از این نوشتار، برازش کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع تقاضای برق به طور مجزا در زمان پیک و غیرپیک در بلندمدت و کوتاه‌مدت در شهرستان‌های منتخب استان تهران برای سال‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

۱۳۹۲-۱۳۸۸ می‌باشد. در ادامه این مقاله، در بخش دوم، پیشینه تحقیق، در بخش سوم مدل، در بخش چهارم داده‌ها و نتایج تخمین، در بخش پنجم جمع‌بندی و ارائه توصیه‌های سیاستگذاری ذکر خواهدشد.

۲. پیشینه تحقیق

در راستای موضوع مورد بررسی در این مطالعه، در داخل و خارج از کشور مطالعاتی صورت گرفته که در ادامه به بیان آنها می‌پردازیم.

فیلیپینی[1] (۱۹۹۵) و بلدی و همکاران[2] (۱۹۹۵) با استفاده از مدل‌های سیستم تقاضا و مدل‌های دو مرحله‌ای به تخمین تابع تقاضای برق در زمان پیک و غیرپیک پرداختند. فیلیپینی (۱۹۹۵) تقاضای برق بخش خانگی را در ۱۹ شهر کشور سوئیس در زمان پیک و غیرپیک مصرف برازش نمود و کشش‌های تقاضای برق در این دو دوره را برای ۲۲۰ خانوار شهری برازش کرد. وی از مدل سیستم تقاضای ایده‌آل در مطالعه خود استفاده نمود.

متاکسیوتیس و همکاران[3] (۲۰۰۳) یک شبکه عصبی ساختار یافته قابل تحلیل را ارائه نمودند که می‌تواند دانش مناسب را استخراج و دلایل پیش‌بینی را با توجه به متغیرهای هدف اعم از پیش‌بینی میزان تولید و مصرف برق، پیش‌بینی تقاضای انرژی الکتریکی آینده مبتنی بر داده‌های بار مصرفی و شرایط آب و هوایی بیان دارد.

امانوئل زیرامبا[4] (۲۰۰۸) تابع تقاضای برق خانگی آفریقای جنوبی را با استفاده از داده‌های سری زمانی طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۸ تخمین زد و کشش‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت درآمدی و قیمتی تقاضای برق خانگی را در این دوره محاسبه کرد. کشش درآمدی بلندمدت و کوتاه‌مدت در دوره

1 . Filippini, 1995
2 . Baladi, et al, 1995
3 . Metaxiotis, et al, 2003
4 . Emmanuel Ziramba, 2008

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

مورد مطالعه در آفریقای جنوبی، به ترتیب ۰/۳۱ و ۰/۳۰ و کشش‌های قیمتی بلندمدت و کوتاه‌مدت به ترتیب ۰/۰۴- و ۰/۰۲- بوده است.

ماسیو فیلیپینی[1] (۲۰۱۰) به تخمین تابع تقاضای برق خانگی در سوئیس پرداخت. وی به تخمین کشش‌های قیمتی تقاضای برق خانگی در کوتاه‌مدت و بلندمدت طی سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۸۳ در پنجاه شهر سوئیس با استفاده از داده‌های سری زمانی پرداخت و به این نتیجه رسید که تابع تقاضای مصرف برق نسبت به قیمت آن بی‌کشش است.

اشچانو و همکاران[2] (۲۰۱۲) در مقاله‌ای با استفاده از داده‌های تابلویی شش ساله در دوازده ناحیه، تقاضای برق خانگی خورزم ازبکستان را مورد بررسی قرار دادند. براساس مطالعه آنها در کوتاه‌مدت تقاضای برق خانگی در مقابل تغییرات قیمت کم‌کشش است. همچنین کشش درآمدی نیز مقدار کمی را نشان می‌دهد. در عوض متغیر نرخ صنعتی شدن در تعیین تقاضای برق برای بخش خانگی اهمیت بالایی دارد.

کبولا[3] (۲۰۱۲) با استفاده از روش P2SLS عوامل تعیین‌کننده مصرف برق را در آمریکا طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۱ مورد بررسی قرار داد. براساس این مدل، مصرف سالانه برق برای هر مصرف‌کننده خانگی، تابعی فزاینده از درجه سردی هوا، درآمد سرانه شخصی قابل تصرف و قیمت واقعی هر واحد گاز طبیعی و تابعی کاهنده از قیمت هر واحد برق و مقدار استفاده از گاز طبیعی برای گرمایش بخش خانگی بود. همچنین مصرف برق تابعی مثبت از ظرفیت تولید نیروی برق در تابستان بود.

لطیف[4] (۲۰۱۵)، به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف برق، در کانادا با استفاده از داده‌های پنل طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۳پرداخته است. تخمین‌هایی که از مدل‌های حداقل مربعات معمولی و حداقل مربعات معمولی پویا به دست آورده، حاکی از وجود رابطه مثبت و معنادار بین تولید ناخالص داخلی سرانه و میزان مصرف برق است. این در حالی است که قیمت برق، علی رغم وجود اثرات منفی،

1 . Massimo Filippini, 2010
2 . Eshchanov, et al, 2012
3 . Cebula, 2012
4 . Latif, 2015

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

تأثیر قابل توجهی در مصرف برق ندارد. وی همچنین با استفاده از مدل پنل برداری و مدل تصحیح خطا به بررسی رابطه علیت میان متغیرها، در کوتاه‌مدت و بلندمدت پرداخت. که نتایج حاصل از این بررسی نشان‌دهنده وجود یک رابطه علت و معلولی میان مصرف برق، تولید ناخالص داخلی و قیمت برق در بلندمدت است.

لطفعلی پور و لطفی (۱۳۸۳) در مقاله‌ای به بررسی و برآورد عوامل مؤثر بر تقاضای برق خانگی استان خراسان با استفاده از آمار سری زمانی طی دوره ۱۳۸۰-۱۳۵۵ پرداختند. طبق مطالعه آنها کشش قیمتی تقاضای برق خانگی استان خراسان کم بود، لذا آنها استدلال کردند که با توجه به حساس نبودن تقاضای برق نسبت به قیمت، افزایش قیت برق برای افزایش درآمد دولت سیاست خوبی است اما برای کاهش مصرف بی‌تأثیر است.

پورآرزم (۱۳۸۴) تخمین تابع تقاضای برق خانگی استان خوزستان را در طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۵۶ در دو دوره بلندمدت با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی و در دوره کوتاه‌مدت با استفاده از روش ECM با استفاده از داده‌های سری زمانی انجام داد. کشش‌های قیمتی و درآمدی در بلندمدت به ترتیب ۰/۹- و ۱/۲۲ و در کوتاه‌مدت ۰/۲۲- و ۰/۵۴ بدست آمد.

میرفخرالدینی (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای با استفاده از الگوریتم دسته‌بندی بهینه داده‌ها به پیش‌بینی عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی پرداخت. وی عوامل مؤثر بر مدل عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی را شناسایی و بعد از تجزیه و تحلیل داده‌ها، یک مدل رگرسیون هوشمند چند متغیره را برای پیش‌بینی مصرف استفاده نمود. در نهایت در این مطالعه، روش‌های مدیریتی مناسب برای اجرای طرح تعادل عرضه و تقاضا و کاهش مصرف انرژی برق ارائه شد.

چنگی آشتیانی و جلوی (۱۳۹۱) به برآورد تقاضای برق و پیش‌بینی آن برای افق چشم انداز ۱۴۰۴ ایران و نقش آن در توسعه کشور با توجه به هدفمند شدن یارانه‌های انرژی پرداختند. آنها با بهره‌گیری از داده‌های سری زمانی و تکنیک‌های هم‌جمعی در اقتصادسنجی و مدل‌های پویای خود توضیحی و با وقفه‌های توزیعی و ساز و کار تصیح خطا به برآورد تقاضای برق پرداختند. این بررسی از سال ۱۳۸۸آغاز شد و نتایج آن نشان‌دهنده صعودی بودن تقاضای برق بود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

مکی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به دنبال پاسخ به این سؤال بودند که اجرای استراتژی قیمت‌گذاری حداکثر بار تا چه اندازه می‌تواند مصرف ساعات پیک را به ساعات غیرپیک منتقل کند؟ آنها از متدولوژی ترکیبی روش اقتصادی «قیمت‌گذاری بار پیک»[1] در شبکه‌های عصبی استفاده کردند. درطی آزمونِ فرضیه‌ها اصلی و فرعی در این مطالعه، شبکه عصبی نارکس از بین شبکه‌های دینامیک دارای بهترین عملکرد و کمترین خطای پیش‌بینی را شامل شد و مقدار رگرسیون حاصل از این پیش‌بینی به عدد ۰/۹۹۱رسید. در این مطالعه نشان داده شد که به ازای یک افزایش ۲۵ درصدی در قیمت برق ۵۰۰ مگاوات ساعت در مصرف بار صرفه‌جویی می‌شود.

ناظمی معز آبادی (۱۳۹۴)، با معرفی مفهوم روند اساسی تقاضای انرژی، در مدل‌سازی و بکارگیری مدل سری زمانی ساختاری، تابع تقاضای برق کل، خانگی و صنعتی ایران را با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه ۱۳۹۰-۱۳۵۵برآورد نموده است. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده، کم کشش بودن تقاضای برق نسبت به قیمت و درآمد، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت طی دوره زمانی برآورد می‌باشد. کشش‌های درآمدی تقاضای برق نشان می‌دهد که برق در سبد سوختی مصرف‌کنندگان بخش‌های مذکور، کالایی ضروری است. به علاوه، پایین بودن کشش قیمتی، بیانگر عدم وجود جانشین مناسب برای برق و تأثیر اندک قیمت برق میزان مصرف آن می‌باشد.

نوآوری مطالعه حاضر نسبت به مقالات ذکر شده از این منظر است که، به برازش کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع تقاضای برق به طور مجزا در زمان پیک و غیرپیک در بلندمدت و کوتاه‌مدت در شهرستان‌های منتخب استان تهران پرداخته شده و به لحاظ تفکیک زمان پیک و غیرپیک و تخمین مدل برای این دو دوره، طی کوتاه‌مدت و بلندمدت، دارای نوآوری می‌باشد.

۳. مدل

مطابق با تئوری مصرف‌کننده، خانوارها، کالا را از بازار می‌خرند و از مصرف آنها مطلوبیت کسب می‌کنند. خانوارها در زمان پیک و غیرپیک، برق را برای روشنایی منزل، گرمایش و سرمایش

1 . Peak Load Pricing

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

محیط استفاده می‌کنند. بنابراین E_P مقدار برق مصرف شده طی زمان پیک، E_{OP} مقدار برق مصرف شده در زمان غیرپیک و S میزان کل مصرف انرژی توسط خانوارها است که تابعی از E_P و E_{OP} می‌باشد و وارد تابع مطلوبیت خانوار می‌شود. X بیانگر میزان مصرف از سایر کالاها، W شرایط آب و هوایی و Z ویژگی‌های خانوار است. لذا؛

$$U = U(S(E_P, E_{OP}), X, Z, W) \quad (۱)$$

خانوارها تابع مطلوبیت خود (رابطه ۱) را مقید به خط بودجه (رابطه ۲) حداکثر می‌کنند.

$$y - P_S.S - P_X.X = 0 \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، y درآمد خانوار، P_S قیمت انرژی و P_X قیمت سایر کالاها است. مقدار تقاضای بهینه برق در ساعات پیک و غیرپیک با حداکثرسازی رابطه (۱) مقید به خط بودجه (۲) حاصل می‌آید که به ترتیب در روابط (۳) و (۴) ذکر گردیده است.

$$E_P^* = E^*(P_P, P_{OP}, y, Z, W) \quad (۳)$$

$$E_{OP}^* = E^*(P_P, P_{OP}, y, Z, W) \quad (۴)$$

روابط (۳) و (۴) بیانگر توابع تقاضای برق خانوارها در زمان پیک و غیرپیک است. مبتنی بر روابط (۳) و (۴) و با استفاده از توابع لگاریتمی، توابع تقاضای برق در زمان پیک و غیرپیک مصرف به صورت روابط زیر قابل استخراج است.

$$LnE_{Pit} = \alpha_0 + \beta_P LnP_{Pit} + \beta_{OP} LnP_{OPit} + \beta_y Lny_{it} + \beta_{HDD} LnHDD_{it} + \beta_{CDD} LnCDD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۵)$$

$$LnE_{OPit} = \alpha_1 + \beta_P LnP_{Pit} + \beta_{OP} LnP_{OPit} + \beta_y Lny_{it} + \beta_{HDD} LnHDD_{it} + \beta_{CDD} LnCDD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۶)$$

در روابط (۵) و (۶)، E_P مصرف سرانه برق در زمان پیک به ازای هر مشترک خانگی، E_{OP} مصرف سرانه برق در زمان غیرپیک به ازای هر مشترک خانگی، y درآمد سرانه، P_P قیمت واقعی برق طی دوره

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

پیک، P_{OP} قیمت واقعی برق طی دوره غیرپیک، HDD تعداد روزهای گرم سال و CDD تعداد روزهای سرد سال (این دو متغیر بیانگر شرایط آب و هوایی هستند)، i منظور شهرستان و t سال است.[۱]

از روابط (۵) و (۶) که به فرمت لگاریتمی هستند، کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای برق در بخش خانگی در زمان پیک و غیرپیک قابل استخراج است. برای برازش کشش‌ها در بلندمدت از یک مدل تعدیل جزیی استفاده می‌شود. این مدل فرض می‌کند که تغییر در مقدار تقاضا بین دوره t و t-1 با ضریب λ صورت می‌گیرد و لگاریتم تقاضای تعادلی بلندمدت در زمان t به صورت رابطه زیر است؛

$$Lny_t - Lny_{t-1} = \lambda(Lny_t^* - Lny_{t-1}) \qquad (۷)$$

با استفاده از فرضیه تعدیل بهینه، تابع تقاضای پویای برق در زمان پیک و غیرپیک را با توجه به روابط (۵) و (۶) به صورت زیر می‌توان نوشت؛

$$LnE_{Pit} = \beta_0 + \beta_{EP}LnE_{Pit-1} + \beta_P LnP_{Pit} + \beta_{OP}LnP_{OPit} + \beta_y Lny_{it} + \beta_{HDD}LnHDD_{it} + \beta_{CDD}LnCDD_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۸)$$

$$LnE_{OPit} = \beta_1 + \beta_{EOP}LnE_{OPit-1} + \beta_P LnP_{Pit} + \beta_{OP}LnP_{OPit} + \beta_y Lny_{it} + \beta_{HDD}LnHDD_{it} + \beta_{CDD}LnCDD_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (۹)$$

در روابط (۸) و (۹)، E_{pit-1} و E_{opit-1} به ترتیب مقدار تقاضای برق در زمان پیک و غیر پیک در دوره t-1 است.

در رابطه (۸) β_P کشش قیمتی کوتاه‌مدت تقاضای برق در زمان پیک، β_y کشش درآمدی کوتاه‌مدت تقاضای برق، β_{OP} کشش متقاطع تقاضای پیک برق نسبت به غیرپیک و β_{EP} سرعت تعدیل است. $\frac{\beta_p}{1-\beta_{EP}}$ کشش قیمتی بلندمدت تقاضای برق در زمان پیک، $\frac{\beta_y}{1-\beta_{EP}}$ کشش درآمدی

۱. به جای متغیر Z یا ویژگی‌های خانوار، درصدد وارد نمودن متغیری مبنی بر تعداد ابزار برقی پرمصرف استفاده شده در خانوار به مدل بودیم که متأسفانه به علت نبود آمار کافی از ورود آن به مدل صرف نظر شد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

بلندمدت تقاضای برق در زمان پیک و $\frac{\beta_{op}}{1-\beta_{EP}}$ کشش متقاطع تقاضای پیک نسبت به قیمت غیر پیک در بلندمدت می‌باشد.

در رابطه (۹) β_{op} کشش قیمتی کوتاه‌مدت تقاضای برق در زمان غیرپیک، β_y کشش درآمدی کوتاه‌مدت تقاضای برق در زمان غیرپیک، β_P کشش متقاطع تقاضای غیرپیک برق نسبت به قیمت پیک و β_{EOP} سرعت تعدیل می‌باشد. $\frac{\beta_{op}}{1-\beta_{EOP}}$ کشش قیمتی بلندمدت تقاضای برق در زمان غیرپیک، $\frac{\beta_y}{1-\beta_{EOP}}$ کشش درآمدی بلندمدت تقاضای برق در زمان غیرپیک و $\frac{\beta_P}{1-\beta_{EOP}}$ کشش متقاطع تقاضای غیرپیک نسبت به قیمت پیک در بلندمدت است.

٤. داده‌ها و نتایج تخمین

داده‌های مربوط به مصرف سرانه و قیمت برق خانگی در زمان پیک و غیرپیک برای پنج سال، طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۸ برای شهرستان‌های تهران، شهریار و ورامین با مراجعه به سازمان توانیر استان تهران جمع‌آوری گردیده است. برای واقعی نمودن قیمت برق، قیمت برق بخش خانگی بر شاخص قیمت مصرف‌کننده در هر سال تقسیم شد. آمار درآمد سرانه و تعداد روزهای گرم و سرد سال در استان، از سالنامه آماری استان تهران جمع‌آوری گردید.

در ادامه برای تخمین تابع تقاضای برق در بخش خانگی در استان‌های منتخب در زمان پیک و غیرپیک از مدل پنل استفاده می‌شود. برای تخمین روابط (۸) و (۹) چون وقفه متغیر وابسته در سمت راست معادلات قرار دارد که به نوعی با جز خطا همبسته است و منجر به تخمین ناپایدار ضرایب می‌گردد، بلاندل و باند[1] (۱۹۹۸) بیان کردند که در این حالت برای رفع مشکل باید از روش GMM استفاده نمود که در آن وقفه متغیر وابسته به عنوان ابزاری برای متغیرهای درون‌زا در نظر گرفته می‌شود. برای انجام برازش روابط (۸) و (۹) از نرم فزار Eviews 7 استفاده می‌گردد. جهت انجام

1 - Blundell and Bond. (1998).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

برازش ابتدا آزمون پایایی در مورد متغیرها انجام شد که تمام متغیرها با استفاده از آزمون لـین پایـا در سطح بودند. نتایج آزمون پایایی در جدول (۱) ذکر شده است.

جدول ۱. نتایج آزمون پایایی متغیرها

متغیر	آماره	مقدار احتمال	وضعیت
لگاریتم مصرف برق پیک	-۵/۸۵۲۱	۰/۰۰۰	I (O) (پایا در سطح)
لگاریتم مصرف برق غیرپیک	-۴/۳۹۳۱۸	۰/۰۰۰۳	I (O) (پایا در سطح)
لگاریتم قیمت برق خانگی در زمان پیک	-۲/۹۱۶۰۳	۰/۰۰۱۸	I (O) (پایا در سطح)
لگاریتم قیمت برق خانگی در زمان غیرپیک	-۳/۲۵۱۴	۰/۰۰۰۰	I (O) (پایا در سطح)
لگاریتم درآمد سرانه خانوار	-۳/۲۸۵۱	۰/۰۰۰۰	I (O) (پایا در سطح)
تعداد روزهای گرم سال	-۱/۹۸۵۴	۰/۰۴۰۰	I (O) (پایا در سطح)
تعداد روزهای سرد سال	-۲/۲۱۲۵	۰/۰۰۰۰	I (O) (پایا در سطح)

مأخذ: نتایج تحقیق

گام بعد در برآورد مدل، تعیین پنل یا غیر پنل بودن مدل است. به این منظـور از آزمـون F لیمـر استفاده می‌شود. فرضیه صفر آزمون F لیمر بیانگر برابر بـودن تمـام عـرض از مبـدأها اسـت و فرضـیه مقابل بیانگر این است که حداقل یکی از عرض از مبدأها متفاوت است که استفاده از داده‌های پنلـی را موجه می سازد. بر اساس نتایج آزمون F لیمر، فرضیه صفر مورد پذیرش قرار نمی‌گیـرد کـه مؤیـد استفاده از داده‌های پنلی می‌باشد. نتایج مربوط به آزمون F لیمر برای روابـط (۸) و (۹) بـه ترتیـب در جداول (۲) و (۳) آمده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

جدول ۲. نتایج مربوط به آزمون F لیمر (رابطه ۸)

مقدار بحرانی آماره F در سطح ۹۵٪	مقدار آماره F	سطح احتمال
۵/۴۱۸	۱۴/۸۶۲	۰/۰۰۰۲

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۳. نتایج مربوط به آزمون F لیمر (رابطه ۹)

مقدار بحرانی آماره F در سطح ۹۵٪	مقدار آماره F	سطح احتمال
۶/۳۲۳	۱۷/۷۷۳	۰/۰۰۰۳

مأخذ: نتایج تحقیق

در گام بعدی پس از تأیید برازش مدل با داده‌های پنلی، باید با استفاده از آزمون‌هاسمن به بررسی روش برآورد (اثرات ثابت، اثرات تصادفی) پرداخت. فرضیه صفر آزمون هاسمن برقراری مدل اثرات تصادفی و فرضیه مقابل، مدل اثرات ثابت است. نتایج آزمون هاسمن برای روابط (۸) و (۹) به ترتیب در جداول (۴) و (۵) آورده شده است.

جدول ۴. نتایج مربوط به آزمون هاسمن (رابطه ۸)

مقدار آماره	احتمال آماره
۱/۳۲۵۵	۰/۳۴۸۲

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۵. نتایج مربوط به آزمون هاسمن (رابطه ۹)

مقدار آماره	احتمال آماره
۱/۸۹۹۷	۰/۴۴۵۱

مأخذ: نتایج تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

همان‌طور که از جدول (۴) و (۵) مشخص است، فرض صفر آزمون هاسمن مبنی بر وجود اثرات تصادفی در مدل رد نشده و هر دو مدل دارای اثرات تصادفی هستند. از آنجا که در مدل مورد بررسی ما، وقفه متغیر وابسته در سمت راست قرار دارد لذا در این مطالعه به برازش با استفاده از روش پنل پویا می‌پردازیم که بنا بر نظر آرنالو و باند برای تخمین مدل پویا از روش GMM استفاده می‌کنیم. ضرایب برازش رابطه (۹) در جدول (۶) و نتیجه برازش رابطه (۸) در جدول (۷) ذکر شده‌اند.

جدول۶، نتایج مربوط به برآورد رابطه (۹) با استفاده از رویکرد GMM

متغیرها	GMM
Intercept	۲/۰۸۱ (۱/۹۰۹۸)
β_{EOP}	۰/۲۲۰ (۲/۷۱۲۴)
β_{OP}	-۰/۶۳ (۲/۸۱۳)
β_{P}	۰/۷۴۱۲۰ (۳/۰۸۳۲)
Y	۰/۶۴۵ (۳/۱۸۹۷)
HDD	۰/۲۸۲ (۲/۰۶۷۱)
CDD	۰/۱۶۰۱ (۲/۰۶۵۴)
Sargan statistics	۰/۵۱
R2	۰/۷۶۲

آماره داخل پرانتز، t است.

مأخذ: نتایج تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

طبق خروجی ذکر شده در جدول (۶) که بیانگر نتایج تخمین تابع تقاضای برق خانگی در زمان غیرپیک مصرف برای شهرستان‌های منتخب استان تهران در دوره مورد بررسی است، ضرایب تمامی متغیرها معنادار هستند. طبق نتایج جدول، در زمان غیرپیک مصرف برق، کشش قیمتی کوتاه‌مدت تقاضای برق ۰/۶۳-،[1] کشش متقاطع ۰/۷۴ و حاکی از این است که تقاضای غیرپیک و پیک جانشین یکدیگر هستند. کشش درآمدی تقاضای کوتاه‌مدت برق خانگی ۰/۶۴۵ و بیانگر این است که برق در کوتاه‌مدت طی دوره غیرپیک یک کالای ضروری در سبد خانوار می‌باشد. متغیرهای HDD و CDD نیز بر تقاضای برق خانگی در زمان غیرپیک مؤثر هستند. به خصوص متغیر HDD یا روزهای گرم اثر مثبت بیشتری بر مصرف برق خانگی در کوتاه‌مدت دارد. سرعت تعدیل یا ضریب β_{EOP}، ۰/۲۲ است. لذا کشش‌های قیمتی و درآمدی بلندمدت تقاضای برق خانگی در زمان غیرپیک به ترتیب $\frac{-0/63}{1-0/22} = -0/807$ و $\frac{0/645}{1-0/22} = 0/826$ و کشش متقاطع تقاضای بلندمدت $\frac{0/74}{1-0/22} = 0/948$ است.

در جدول (۷)، خروجی مربوط به برازش رابطه (۸) که تقاضای برق بخش خانگی در زمان پیک در شهرستان‌های منتخب استان تهران در دوره مورد بررسی هست، ذکر شده است.

۱. در اکثر مطالعات نیز کشش قیمتی تقاضای برق کمتر از یک برازش شده که حاکی از بی کشش بودن برق در بخش خانگی است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

جدول۷. نتایج مربوط به برآورد رابطه (۸) با استفاده از رویکرد GMM

متغیرها	GMM
Intercept	۳/۰۴۶ (۱/۹۹۸)
β_{EP}	۰/۱۸ (۲/۱۷۷۴)
β_{P}	-۰/۵۷ (۲/۶۲۰)
β_{OP}	۰/۶۲ (۳/۳۴۴۱)
Y	۰/۴۷۲ (۳/۹۹۸۷)
HDD	۰/۱۹۸ (۲/۰۹۱)
CDD	۰/۱۲۶ (۲/۸۲۲۰)
Sargan statistic	۰/۴۹
R2	۰/۶۸

آماره داخل پرانتز، t است.

مأخذ: نتایج تحقیق

مطابق نتایج برازش ذکر شده در جدول (۷) کشش‌های قیمتی و درآمدی کوتاه‌مدت تقاضای برق در بخش خانگی در زمان پیک، در شهرستان‌های تهران به ترتیب ۰/۵۷- و ۰/۴۷۲ و معنادارند. کشش متقاطع تقاضای پیک نسبت به قیمت غیرپیک ۰/۶۲ و معنادار بوده که حاکی از جانشینی تقاضای پیک و غیرپیک است. متغیرهای HDD و CDD نیز معنادارند و بیانگر مؤثر بودن متغیر آب و هوا بر تقاضای برق بخش خانگی در دوره پیک هستند. کشش قیمتی و درآمدی بلندمدت تقاضای

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

برق خانگی در زمان پیک به ترتیب $\frac{-0/57}{1-0/18}=-0/69$ و $\frac{0/472}{1-0/18}=0/575$ است. کشش متقاطع تقاضای پیک نسبت به قیمت غیرپیک در بلندمدت $\frac{0/62}{1-0/18}=0/756$ می‌باشد.

برای آزمون اعتبار متغیرهای ابزاری در مدل GMM از آزمون سارگان [1] استفاده می‌شود. آماره سارگان ذکر شده در جداول (۶) و (۷) نشان‌دهنده عدم همبسته بودن متغیرهای ابزاری با اجزای اخلال است که دلالت بر معتبر بودن متغیرهای ابزاری استفاده شده در مدل دارد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بر اساس نتایج به دست آمده از مدل، فرضیه صفر، مبنی بر عدم همبسته بودن متغیرهای ابزاری با اجزای اخلال را نمی‌توان رد کرد، و بنابراین اعتبار متغیرهای ابزاری در هر سه مدل تأیید شده و مدل‌ها نیازی به متغیرهای ابزاری بیشتر ندارند.

در جدول (۸) به طور خلاصه کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت تقاضای برق بخش خانگی در شهرستان‌های منتخب استان تهران در سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۸ در زمان پیک و غیرپیک ذکر شده است. کشش متقاطع کوتاه‌مدت و بلندمدت در دوره‌های پیک و غیرپیک مثبت است و بیانگر این است که با اعمال سیاست قیمتی مناسب، می‌توان تقاضای پیک را به زمان غیرپیک منتقل کرد. کشش‌های قیمتی و درآمدی بلندمدت از مقادیر کشش‌ها در کوتاه‌مدت بیشتر هستند و نشان می‌دهد که با گذشت زمان، حساسیت مقدار تقاضا به تغییرات قیمت و درآمد بیشتر خواهد شد. کشش‌های برازش شده مربوط به زمان غیرپیک از کشش‌های زمان پیک در بلندمدت و کوتاه‌مدت به میزان اندکی، در دوره مورد بررسی، بیشتر است، لذا به نظر می‌رسد در زمان غیرپیک حساسیت‌های قیمتی و درآمدی بیشتر است.

مطابق نتایج ذکر شده در جدول (۸) می‌توان گفت که در همه شرایط، برق در سبد مصرفی خانوار یک کالای ضروری می‌باشد. همچنین کشش‌های قیمتی منفی است که بیانگر این است که افزایش قیمت در هر دوره منجر به کاهش مصرف برق در بخش خانگی در شهرستان‌های منتخب می‌شود.

1. Sargan Test

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

جدول ۸. کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع در کوتاه‌مدت و بلندمدت در زمان پیک و غیر پیک

	دوره غیر پیک	دوره پیک
کشش قیمتی کوتاه‌مدت	-۰/۶۳	-۰/۵۷
کشش قیمتی بلندمدت	-۰/۸۰۷	-۰/۶۹
کشش درآمدی کوتاه‌مدت	۰/۶۴۵	۰/۴۷۲
کشش درآمدی بلندمدت	۰/۸۲۶	۰/۵۷۵
کشش متقاطع کوتاه‌مدت	۰/۷۴	۰/۶۲
کشش متقاطع بلندمدت	۰/۹۴۸	۰/۷۵۶

مأخذ: نتایج تحقیق

۵. جمع‌بندی و ارائه توصیه‌های سیاست‌گذاری

در این مطالعه تقاضای برق در بخش خانگی در شهرستان‌های تهران، ورامین و شهریار در فاصله سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۸ برای دوره پیک و غیرپیک مصرف در کوتاه‌مدت و بلندمدت با مدل پنل با روش GMM برازش گردید. نتایج برازش حاکی از این است که کشش متقاطع تقاضای پیک نسبت به قیمت غیرپیک مثبت و این دو تقاضا جایگزین یکدیگر هستند. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای برق در بلندمدت در دوره‌های پیک و غیرپیک، بیشتر از کشش‌های مذکور در کوتاه‌مدت برازش گردید و نشان داد که در بلندمدت حساسیت تقاضا به تغییرات قیمت و درآمد بیشتر خواهد بود. کشش‌های قیمتی تقاضای برق در بلندمدت و کوتاه‌مدت در زمان پیک و غیرپیک مصرف، منفی و حاکی از این است که افزایش قیمت برق منجر به کاهش مصرف آن در این دوره خواهد شد.

بنابراین با توجه به کشش متقاطع مثبت و کشش‌های قیمتی تقاضای برق منفی، می‌توان به عنوان توصیه سیاستی بیان کرد که در صورت استفاده از سیاست قیمت‌گذاری صحیح، به خصوص در زمان پیک، می‌توان به مصرف‌کنندگان انگیزه کاهش تقاضا در این زمان را داد که این امر منجر به انتقال

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

مصرف از زمان پیک به غیرپیک خواهد شد. بدین ترتیب انتقال تقاضا از ساعات پیک به غیرپیک منجر به کاهش هزینه‌های دولت برای ایجاد نیروگاه‌های جدید، تخصیص بهینه منابع و کاهش هزینه‌های مصرف بیهوده برق در ساعات غیرپیک به علت غیرقابل ذخیره بودن آن می‌شود.

لذا به عنوان توصیه سیاستی می‌توان گفت، سیاست‌گذاری صحیح در راستای کاهش میزان مصرف در زمان پیک از طریق کنترل‌های مستقیم قیمت و اعمال نرخ‌های تصاعدی مبتنی بر زمان‌های مختلف شبانه‌روز، و حتی فصول سال، مؤثرترین و بهترین سیاست در راستای انتقال مصرف از زمان پیک به غیرپیک است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

منابع

پور آرزم، الهام (۱۳۸٤) "برآورد تابع تقاضای برق خانگی استان خوزستان "، *جستارهای اقتصادی*، دوره ۲، شماره۴، صص ۱۸۲-۱۳۷.

چنگی آشتیانی، علی و مهدی جلوی (۱۳۹۱) "برآورد تابع تقاضای برق و پیش‌بینی آن برای افق چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران و نقش آن در توسعه کشور با توجه به هدفمند شدن یارانه‌های انرژی" *فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، سال دوم، شماره ۲۵

لطفعلی پور، محمد رضا و احمد لطفی (۱۳۸۳) "بررسی و برآورد عوامل مؤثر بر تقاضای برق خانگی استان خراسان"، *مجله دانش و توسعه*، شماره ۱۵.

مکی مبرا، ابراهیم، نظری، محسن و الدورز رنجبر (۱۳۹۲)، "تأثیر قیمت‌گذاری حداکثر باز در صرفه‌جویی مصرف برق با رویکرد شبکه‌های عصبی"، بیست و هشتمین کنفرانس بین‌المللی برق.

میرفخرالدینی، سید ناصر (۱۳۸۷)، "مدیریت عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی"، سیزدهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق، گیلان.

ناظمی معزآبادی، سیما (۱۳۹٤)، "برآورد توابع تقاضای برق در بخش‌های خانگی و صنعتی ایران با بکارگیری الگوی سری زمانی ساختاری"، *فصلنامه علمی و پژوهشی مطالعات اقتصاد کاربردی ایران*، سال چهارم، شماره ۳۱، صص ۱۸۷-. ۲۰۸.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]

Baladi M. S, Herriges J. A and T. I. Sweeney (1995) , "Residential Response to Voluntary Time of suse Electricity Rates", *Resource and Energy Economics*, Vol. 20, pp. 225-244.

Blundell R. and S. Bond (1998), "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models", *Journal of Econometrics*, Vol. 87, pp. 115–143.

Cebula R. J. (2012) , "Recent Evidence on Determinations of Per Residential Customer Electricity Consumption in the US: 2001-2005", *Journal of Economics and Finance*, Vol. 36, pp. 925-93.

Eshchanov B, Grinwis and M. Salaev (2012) , "Price and Income Elasticity of Residential Electricity Consumption in Khorezm Cotton Water", *Salts and Soums*, pp. 155-167.

Filippini M. (1995) , "Swiss Residential Demand for Electricity by Time of Use: An Application of the Almost Ideal Demand System", *Energy Journal*, Vol. 16, pp. 1-13.

Filippini M, (1995) , "Swiss Residential Demand for Electricity", *Applied Economic Letters*, Vol. 6, pp. 533-538.

Filippini Massimo (2010), "Short and Long –run Time of Use Price Elasticities in Swiss Residential Electricity Demand", CEPE Working, 76.

Latif, E. (2015) , "A Panel Data Analysis of the Demand for Electricity in Canada", *Journal of Applied Economics and Policy*, Vol. 34, pp. 195-205.

Metaxiotis K, Kagrannas A, Askounis D and J. Psarras (2003) , "Artificial Intelligence in Short term Electric Load Forecasting: A State of the Art Survey for Researcher", *Energy Conversion & Management*, Vol. 6, No. 44, pp. 1525-1534.

Ziramba Emmanuel (2008) , "The Demand for Rresidential Wlectricity in South Africa", *Energy Policy*, Vol. 36, pp. 3466-3640.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-07-16]