

## برازش تابع تقاضای برق بخش خانگی شهرستان های منتخب استان تهران با استفاده از روش پنل پویا

ویدا وهرامی<sup>۱</sup>  
مهرنوش موحدیان<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۱۴

### چکیده

حامل‌های انرژی از جمله انرژی الکتریکی، نقش اساسی در توسعه جامعه بشری ایفا می‌کند. در این مطالعه، با استفاده از روش پنل پویا طی دوره ۹۳-۱۳۸۰ به برآورد تابع تقاضای انرژی الکتریکی در بخش خانگی شهرستان های منتخب استان تهران (تهران، ورامین، فیروزکوه و دماوند) پرداخته می‌شود. در تابع تقاضای برق در بخش خانگی، درآمد سرانه خانوار، قیمت واقعی گاز طبیعی، شاخص گرما و برودت هوا و قیمت واقعی برق بخش خانگی، مؤثرترین متغیرها هستند. نتایج برآورد مدل در کوتاه مدت بیانگر این است که با افزایش یک درصد قیمت برق، ۰/۴۲ درصد از تقاضای برق کاهش می‌یابد. تأثیر قیمت انرژی جانشین همانند گاز بر مصرف برق بسیار اندک است، بین تقاضا و درآمد خانوار نیز یک رابطه مثبت و معنادار وجود دارد. مؤثرترین عامل در تغییر تقاضا، مصرف در دوره گذشته، و ضریب آن ۰/۶۵ می‌باشد. نتایج برآورد مدل در بلند مدت حاکی از آن است که تغییر قیمت برق، تقاضای برق را ۱/۲- درصد تغییر می‌دهد و با افزایش یک درصد درآمد، تقاضای برق ۰/۱ درصد افزایش می‌یابد.

واژگان کلیدی: تقاضای برق بخش خانگی، کشش‌های قیمتی و درآمدی، پنل پویا  
طبقه‌بندی JEL: Q54

۱. عضو هیات علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه شهید بهشتی، دکتری اقتصاد از دانشگاه تهران، [vida.varahrami@gmail.com](mailto:vida.varahrami@gmail.com)  
۲. کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه شهید بهشتی [mv.movahedian@gmail.com](mailto:mv.movahedian@gmail.com)

## ۱. مقدمه

در اقتصاد ایران، انرژی به عنوان یک عامل تولیدی مهم نقش مؤثری در رشد و توسعه اقتصادی دارد و فرآورده‌های حاصل از نفت، گاز و برق در حفظ ثبات و امنیت سیاسی و اقتصادی کشور مؤثر می‌باشند. سیاست اقتصادی حاکم در ایران که مبتنی بر دسترسی آسان به انرژی در قیمت‌های بسیار پایین می‌باشد، مانع از تفهیم اهمیت اقتصادی انرژی به مصرف‌کنندگان از طریق قیمت شده و موجب ازدیاد مصرف و هدر رفت آن در همه بخش‌ها از جمله بخش خانگی بوده است.

در میان حامل‌های انرژی، برق به دلیل داشتن مزایای زیاد که از جمله آن آلوده نکردن محیط‌زیست و قابلیت‌های بالای تبدیل به سایر صورت‌های انرژی می‌باشد، این انرژی را به عنوان شاخص مهمی برای مقایسه کیفیت زیست‌ملتها و صنعت اصلی در بسیاری از کشورها تبدیل نموده، و گرایش روزافزون جوامع به استفاده از لوازم الکتریکی در مسیر تحقق رفاه خانوار موجب افزایش اهمیت این انرژی گردیده است. از این رو، تلاش‌های بسیاری به منظور کاهش مصرف یا وابستگی به این انرژی در جوامع مختلف صورت گرفته، ولی بر میزان تقاضا و مصرف آن، روز به روز افزوده می‌شود. صنعت برق در ایران بیش از صد سال قدمت دارد و از حالت رقابتی به سوی انحصاری در حال حرکت می‌باشد. نقش کلیدی برق در اقتصاد ملی و تأثیر بسزای آن به عنوان یک زیر ساخت اساسی در توسعه سایر بخش‌ها انکارناپذیر است. با در نظر گرفتن محدودیت طرف عرضه، هزینه‌های بسیار بالا برای تولید و انتقال آن و لزوم برنامه‌ریزی به منظور تأمین بودجه مورد نیاز، شناخت و پیش‌بینی تابع تقاضای برق را بویژه در کشورهای در حال توسعه که با رشد سریع مصرف برق مواجه اند، اجتناب‌ناپذیر ساخته است. علاوه بر آن، برنامه‌ریزی برای توسعه نیروگاه‌ها و محاسبه ظرفیت‌های مورد نیاز آن و همچنین برنامه‌ریزی انرژی مورد نیاز در بخش‌های مختلف، نیازمند شناخت مدل مصرف و عوامل تأثیرگذار بر آن است. از آنجایی که شاید کمتر بتوان جایگزین نزدیکی برای برق پیدا نمود و همچنین غیرقابل ذخیره‌سازی بودن این انرژی، تجزیه و تحلیل تقاضا برای آن، جهت شناخت دقیق‌تر عوامل مؤثر و میزان تأثیر آنها بر مصرف، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

از یک طرف، پیشی گرفتن نرخ رشد تقاضای برق از نرخ رشد عرضه آن (که عموماً به دلیل افزایش روزافزون مشترکان و توسعه کشاورزی، صنعت و خدمات و عدم توجه کافی به مدیریت مصرف برق است) و از طرف دیگر، نیاز به زمان زیاد و لزوم سرمایه‌گذاری فراوان برای توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع، مسائلی‌اند که موجبات کمبود برق و بروز خاموشی را فراهم می‌سازند. کلیه بخش‌های اقتصادی، رفاهی و اجتماعی بر اثر وقوع خاموشی، متحمل خسارت می‌شوند که مقدار آن متأثر از وابستگی فعالیت‌های هر بخش به انرژی الکتریکی است. خاموشی دارای عواقب گوناگون اجتماعی، اقتصادی و حتی روانی است. گذشته از جنبه‌های مختلف مربوط به آثار آن، جلوگیری از

زیان های هنگفت اقتصادی، به تنهایی انگیزه کافی برای مدیریت عرضه و تقاضای برق را ایجاد می‌کند.

در این راستا، بخش خانگی به عنوان مهمترین و بزرگترین بخش مصرف‌کننده برق طی سه دهه گذشته است که بخش عمده‌ای از مصرف برق کشور را (به طور متوسط بیش از ۳۳ درصد) به خود اختصاص داده که با توجه به گسترش روزافزون جمعیت، حجم زیاد وسایل برقی به کار برده شده و افزایش وسایل جدید برقی، تقاضا برای آن، روند افزایشی خواهد داشت. از این رو، عرضه به موقع این انرژی به مصرف‌کنندگان، جلوگیری از خاموشی و انجام بهتر سیاستگذاری برای سیستم تولید و انتقال برق، از دغدغه‌های سیاستگذاران و مدیران مرتبط می‌باشد.

این مقاله، استان تهران را که به دلیل گستردگی و حجم بالای جمعیت، بیشترین حجم مصرف برق کشور را به خود اختصاص داده، به عنوان شاخصی از الگوی مصرف برق خانگی کشور مورد بررسی قرار می‌دهد و با برآورد تابع تقاضای ترکیبی برق خانگی برای شهرستان های منتخب این استان، آثار عواملی مثل قیمت و درآمد را بر تقاضای ترکیبی برق استان در بلندمدت و کوتاهمدت بررسی می‌نماید تا بتواند میزان تأثیرپذیری سیاست‌های قیمتی و درآمدی را بر تقاضا تعیین نموده و مشخص کند کدامیک تأثیر بیشتری دارد.

سؤال اصلی مقاله این است که: آیا کشش‌های درآمدی و قیمتی تابع تقاضای برق در بلندمدت بیشتر از کوتاه مدت است؟

یکی از مهمترین جنبه‌های نوآوری این مقاله، استفاده از مدل پنل پویا جهت شهرستان های منتخب استان تهران برای تعیین عوامل مؤثر بر تقاضای برق خانگی در کوتاهمدت و بلندمدت می‌باشد. بویژه با استفاده از نتایج این مقاله می‌توان کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع تقاضای برق بخش خانگی شهرستان های مذکور را در کوتاهمدت و بلندمدت برازش کرد و میزان تأثیرپذیری سیاست‌های قیمتی و درآمدی بر تقاضای برق در این بخش را مورد بررسی قرار داد. لذا این تخمین به سیاستگذاران شرکت برق استان تهران، کمک زیادی خواهد کرد، و با توجه به آنکه برق قابلیت ذخیره‌سازی ندارد، آگاهی از تابع تقاضای برق، در راستای مدیریت عرضه آن بسیار مؤثر خواهد بود. در این مقاله همچنین، به تفصیل پیرامون وضعیت تقاضای برق خانگی و عوامل مؤثر بر آن در شهرستان های بزرگ استان تهران با ارائه نمودارهای مربوطه، توضیح داده می‌شود و علت اصلی فراز و فرود متغیرها ذکر خواهد شد که از این منظر نیز دارای نوآوری می‌باشد.

در ادامه این مطالعه، در بخش دوم به بیان مبانی نظری، در بخش سوم، به مروری بر مطالعات گذشته، در بخش چهارم، به بررسی وضعیت جغرافیایی و روند مصرف برق شهرستان های منتخب در

بخش خانگی، در بخش پنجم، به بررسی داده های مدل، در بخش ششم، به معرفی مدل و متغیرهای آن، و در بخش هفتم، به جمع بندی و ارائه پیشنهادات پرداخته می شود.

## ۲. مبانی نظری

تدوین الگوی اقتصادی بر مبنای نظریه های اقتصادی صورت می گیرد و همزمان، اطلاعات و داده های مورد نیاز و مشاهدات الگو جمع آوری و طبقه بندی می شود (توکلی، ۱۳۷۴). مبانی نظری تقاضای برق خانگی مبتنی بر تجزیه و تحلیل رفتار مصرف کننده در اقتصاد خرد است.

در اقتصاد خرد با تعریف یک تابع هدف معین (مثلا تابع مطلوبیت خانوار) و اعمال برخی قیود، اقدام به حداکثرسازی مطلوبیت با رعایت قیود مذکور می شود. یکی از دستاوردهای این رویکرد، استخراج مدل نظری تابع تقاضای کالاها و خدمات است. از این طریق، می توان افزون بر تخمین تقاضای کالا به پارامترهای کشش قیمتی، درآمدی و متقاطع تقاضا نیز دست یافت. مطابق نظریه رفتار مصرف کننده، فرد تابع مطلوبیت خود را که متشکل از کالاهای مختلفی می باشد (که به طور قطع حامل های انرژی نیز به عنوان یکی از این کالاها در سبد مصرفی خانوار قرار می گیرد)، تحت محدودیت بودجه ای خود به حداکثر می رساند.

$$u = u(x_1, x_2, \dots, x_n, z) \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \text{ ST } : y \geq \sum p_i x_i,$$

که در این مدل،  $X_i$  میزان مصرف کالاها، مختلف در دوره زمانی مشخص،  $P_i$  قیمت این کالاها،  $y$  درآمد مصرفی فرد مصرف کننده است. چنانچه با قواعد متداول ریاضی (لاگرانژ و نظیر آن) بیشینه سازی صورت گیرد، توابع تقاضا برای هر یک از کالاها، که یکی از آنها می تواند برق خانگی باشد، به دست می یابد.

$$x_i = x_i(p_1, p_2, \dots, p_n, y) \quad (2)$$

در مطالعات شبیه سازی خرد، برای برآورد تقاضای برق خانوارها کوشش هایی به عمل آمده است تا مدلی برای تقاضای برق به دست آورند. در بخش خانگی، مهمترین سوخت هایی که به کار می رود، برق و گاز طبیعی است و نفت سفید، گاز مایع و نفت کوره کم اهمیت ترند. با چشم پوشی از سوخت های کم کاربردتر، فرض می شود تابع تولید کالای ترکیبی انرژی خانوارها به صورت زیر باشد:

$$TE = F(E, G) \quad (3)$$

که در این رابطه،  $E$  الکتریسیته و  $G$  گاز طبیعی می باشد. کالای ترکیبی انرژی (TE) خدمات انرژی نامیده می شود، و با مقدار برق و گاز خریداری شده، تعیین می گردد. خدمات انرژی همراستا با مصرف کل  $X$  وارد تابع مطلوبیت می شود.

$$U = u(TE, X, Z, W) \quad (۴)$$

که در آن،  $Z$  ویژگی‌های خانوار و  $W$  متغیر آب و هوا و شرایط جوی می‌باشد. خانوارها مطلوبیت شان را با توجه به قید بودجه زیر حداکثر می‌کنند.

$$Y - P_E \cdot E - P_G \cdot G - P_X \cdot X = 0 \quad (۵)$$

که در آن،  $Y$  در آمد پولی،  $P_E$  قیمت برق،  $P_G$  قیمت گاز و  $P_X$  قیمت مصرف کل می‌باشد. راه‌حل برای این مساله بهینه‌سازی، تابع تقاضا برای برق را حاصل می‌کند.  
با لاگرانژی‌گیری، خواهیم داشت:

$$\text{Max: } L = U[X, p(E, G), Z, W] + \mu(Y - P_E \cdot E - P_G \cdot G - P_X \cdot X) \quad (۶)$$

با حداکثرسازی خواهیم داشت:

$$\frac{\partial U / \partial X}{\partial P_X} = \frac{[(\partial U / \partial TE) \cdot (\partial TE / \partial G)]}{\partial P_G} \quad (۷)$$

$$\frac{\partial TE / \partial G}{\partial TE / \partial E} = \frac{P_G}{P_E}$$

با حل معادلات (۷) تعادلی بالا، نقاط تعادلی تابع تقاضا برای برق بر حسب متغیرهای برونزای

$P_E, Y$  و  $P_G$  حاصل می‌گردد.

$$E^* = E^*(P_G, P_E, P_O, Y; Z, W) \quad (۸)$$

معادله (۸) تعادل بلندمدت مقدار تقاضای برق خانوار را توصیف می‌کند. این مدل ایستا می‌باشد، و در آن، فرض شده با تغییر قیمت و درآمد، مقادیر تعادلی جدید به صورت آنی تعدیل می‌شود؛ به طوری که فرض می‌شود خانوارها می‌توانند میزان استفاده از انرژی و موجودی وسایل برقی را با تعدیل آنی و پیوسته تغییر در درآمد یا قیمت، تغییر دهند؛ به صورتی که کشش بلندمدت و کوتاه‌مدت برابر شوند. لیکن مصرف واقعی برق ممکن است با مصرف بلندمدت متفاوت باشد، چون موجودی تجهیزات به سادگی نمی‌تواند به سمت تعادل بلندمدت تعدیل شود، که برای این امر، می‌توان از مکانیسم‌های تعدیل جزئی بهره برد.

در این مدل، فرض می‌شود تغییر در تقاضای واقعی، بین هر دو زمان  $t$  و  $t-1$  تنها کسری از تفاوت بین لگاریتم واقعی دوره  $t-1$  و لگاریتم تعادل بلندمدت تقاضای دوره  $t$  است که به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\ln E_t - \ln E_{t-1} = \lambda (\ln E_t^* - \ln E_{t-1}) \quad (۹)$$

که در آن،  $0 < \lambda < 1$  است. این امر دلالت بر آن دارد که با فرض بهینگی، سطح تقاضای برق تنها به صورت تدریجی به سمت سطح بهینه بین دو دوره زمانی همگرا می‌شود.

فرض می‌شود سطح مطلوب مصرف انرژی برق به صورت  $E^* = NP_E^\beta P_G^\eta Y^\lambda \exp(S_{\beta})$  است که در آن،  $\beta$  کشش قیمتی تقاضای برق،  $\eta$  کشش جانشینی تقاضای برق،  $\lambda$  کشش در آمدی تقاضای برق و  $S_{\beta}$  دیگر متغیرهای مؤثر بر تقاضای برق چون آب و هوا، رشد اقتصادی و جمعیت می باشد. با قرار دادن این عبارت در معادله (۹):

$$\ln E_t - \ln E_{t-1} = \lambda \ln N + \lambda \beta \ln P_E + \lambda \eta \ln P_G + \lambda \lambda \ln Y + \lambda S_{\beta} - \lambda \ln E_{t-1} \quad (10)$$

با مرتب کردن معادله (۱۰) و وارد کردن جزء اخلاص اقتصادسنجی، معادله رگرسیونی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\ln E_t = \lambda \ln N + \lambda \beta \ln P_E + \lambda \eta \ln P_G + \lambda \lambda \ln Y + \lambda S_{\beta} - (1 - \lambda) \ln E_{t-1} + U \quad (11)$$

که ضرایب معادله (۱۱) بیانگر کشش‌های کوتاه‌مدت می‌باشد و از تقسیم این ضرایب بر  $(1 - \lambda)$ ، کشش‌های بلندمدت تقاضای برق خانگی حاصل می‌گردد.

باتوجه به مدل‌های فوق، تابع تقاضای برق خانگی را می‌توان تابعی از قیمت برق، قیمت واقعی سوخت‌های جایگزین، درآمد واقعی خانوار و مقدار برق مصرفی در دوره قبل دانست. عوامل غیراقتصادی نظیر جمعیت و شرایط آب و هوایی نیز می‌تواند در مدل وارد گردد.

### ۳. مروری بر ادبیات موضوع

اهمیت تقاضای انرژی مساله‌ای است که از دیرباز مورد توجه محققان و برنامه‌ریزان انرژی قرار داشته است. در بین انواع مطالعات انجام شده بر روی تقاضای انرژی، انرژی برق به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر عصر کنونی در تمامی زوایای زندگی حضور یافته و سبب رفاه و آسایش برای تک تک افراد شده است، و از این رو، به بررسی چند مورد از مهم‌ترین آنها پرداخته می‌شود.

#### ۳-۱. مطالعات انجام شده داخلی

ناظمی معزآبادی (۱۳۹۴)، با معرفی مفهوم روند اساسی تقاضای انرژی (UEDT)، در مدل سازی و به کارگیری مدل سری زمانی ساختاری (STSM)، تابع تقاضای برق کل، خانگی و صنعتی ایران را با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه ۹۰-۱۳۵۵ برآورد نموده است. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده کم‌کشش 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.

جعفری و انصاری لاری (۱۳۹۲)، تابع تقاضای برق خانگی در ایران را با استفاده از داده‌های تابلویی ۲۸ استان کشور برآورد نمودند. داده‌های به کاررفته در این مطالعه، عبارتند از مصرف برق در بخش خانگی استان‌های کشور به عنوان متغیر وابسته و قیمت واقعی برق، قیمت واقعی گاز طبیعی و نفت سفید در بخش‌های خانگی به عنوان کالاهای جانشین، نیاز به سرمایش و گرمایش، درآمد سرانه واقعی و بعد خانوار، به عنوان متغیرهای مستقل که به صورت پنلی از ۲۸ استان کشور در نظر گرفته شده است. براساس نتایج به دست آمده از تخمین، مصرف برق در بخش خانگی در ایران نسبت به قیمت برق و انرژی‌های جایگزین آن مانند نفت و گاز، چندان حساس نیست. همچنین بعد خانوار و نیاز به سرمایش و گرمایش نیز متغیرهای چندان تأثیرگذاری در روند مصرف برق خانگی در ایران نیستند. در مقابل، مصرف دوره قبل برق، اثرگذارترین متغیر در روند مصرف برق طی سال‌های مورد مطالعه در بخش خانگی بوده است.

بختیاری و یزدانی (۱۳۸۷)، تقاضای برق کشور را طی سال‌های ۸۷-۱۳۴۶ مورد بررسی قرار دادند. نتیجه حاصل از این بررسی نشان‌دهنده این است که، تقاضای برق کشور در کوتاه‌مدت و بلندمدت بدون کشش بوده و کشش‌های قیمتی و درآمدی در بلندمدت، بیشتر از کوتاه مدت می‌باشد. لطفی‌پور و لطفی (۱۳۸۳) عوامل مؤثر بر مصرف برق را در استان خراسان بین سال‌های ۱۳۵۵-۸۰ مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنها حاکی از آن است که قیمت برق و هزینه‌های خانوار تأثیری بر مصرف برق ندارد. انرژی برق و سایر سوخت‌های جایگزین نمی‌توانند به راحتی جایگزین یکدیگر شوند و ضریب مصرف دوره قبل، نشان می‌دهد که مصرف‌کنندگان طبق عادات مصرفی خود عمل می‌کنند. بر اساس برآورد آنها، کشش قیمتی و درآمدی بی‌معنا بوده و از مدل حذف شده‌اند. کشش متقاطع تقاضای برق نسبت به حامل‌های انرژی نفت و گاز، مثبت بوده و مقدار پایینی را نشان می‌دهد؛ همچنین کشش تقاضای برق نسبت به دوره قبل، معنی‌دار بوده و مقدار بالایی را نشان می‌دهد. حسینی‌نژادیان کوشکی (۱۳۷۲)، در مقاله‌ای با "عنوان تخمین تابع تقاضای برق خانگی استان اصفهان"، تقاضای برق خانگی را برای دو منطقه غربی و مرکزی در استان اصفهان با استفاده از روش حداقل مربعات و داده‌های تلفیقی از مقطع سری زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۵۳ مورد مطالعه قرار داد. هدف از این مطالعه، کاهش مصرف برق خانگی و کاهش هزینه سرمایه‌گذاری است. نتایج به دست آمده از مطالعه این دو ناحیه که ۸۰ درصد جمعیت استان اصفهان را تشکیل می‌دهد، حاکی از آن است که، تابع تقاضای برق نسبت به قیمت و درآمد در کوتاه مدت، کشش‌ناپذیر می‌باشد. برای بلندمدت، کشش‌پذیری تابع تقاضای برق نسبت به درآمد و کشش‌ناپذیری آن نسبت به قیمت، نشان داده شده است.

### ۲-۳. مطالعات خارجی

لطیف (Latif, 2015)، به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف برق در کانادا با استفاده از داده های پنل طی سال های ۲۰۱۰-۱۹۸۳ پرداخته، و تخمین هایی که از مدل های OLS و OLS 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، تأثیر قابل توجهی در مصرف برق ندارد. وی همچنین با استفاده از مدل پنل برداری و مدل تصحیح خطا (VCEM)، به بررسی رابطه علیت میان متغیرها، در کوتاه مدت و بلندمدت پرداخت. نتایج حاصل از این بررسی، نشان دهنده وجود یک رابطه علت و معلولی میان مصرف برق، تولید ناخالص داخلی و قیمت برق در بلندمدت است.

چانگ، میلر، پارک و پارک (Chang, Kim, Miller, Park and Park, 2014)، مدل تابع تقاضای بلندمدت برق را برای بخش خانگی و بخش های صنعتی و تجاری با استفاده از مدل بردار همجمعی در کره تخمین زدند. برای این منظور از داده های سالهای ۲۰۱۲-۱۹۹۵ برای بخش خانگی و ۲۰۱۲-۱۹۸۵ برای بخش صنعتی و تجاری استفاده نمودند. آنها با این برازش، به این نتیجه رسیدند که پیشرفت سریع کره، در این بازه زمانی، شرایطی را برای امکان تغییر ضرایب تابع تقاضای برق با گذشت زمان فراهم می کند.

درجیادلس و تسولفیدیس (Dergiades & Tsoulfidis, 2011)، با استفاده از رویکرد ARDL به بررسی عوامل تعیین کننده تقاضای برق خانگی در یونان طی سالهای ۲۰۰۶-۱۹۴۶ پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده، یک رابطه تعادلی بین متغیر های تأثیرگذار بر روی مصرف برق وجود دارد و انرژی مؤثرتری باید جایگزین برق گردد.

امانوئل زیرامبا (Emmanuel Ziramba, 2008)، تابع تقاضای برق خانگی آفریقای جنوبی را با استفاده از داده های سری زمانی در طی سالهای ۲۰۰۵-۱۹۷۸ تخمین زده است. کشش های درآمدی بلندمدت و کوتاه مدت، به ترتیب ۰/۳۱، ۰/۳۰ و کشش های قیمتی بلندمدت و کوتاه مدت به ترتیب ۰/۰۴، -۰/۰۲ بوده است.

کامرشن و پورتر (Kamerschen & porter, 2004)، تابع تقاضای برق را در کشور آمریکا برای بخش خانگی، صنعتی و کل طی سال های ۸۸-۱۹۷۳ با استفاده از مدل تعدیل جزئی و معادلات همزمان برآورد کردند. یافته های این تحقیق، حاکی از آن است که واکنش مصرف کنندگان خانگی نسبت به تغییرات قیمت، بیشتر از واکنش مصرف کنندگان صنعتی می باشد. آنها همچنین دریافتند که آب و هوا اثر زیادی بر مصرف خانگی داشته و آب و هوای سرد، بیشتر از آب و هوای گرم بر روی تقاضای برق اثر دارد.



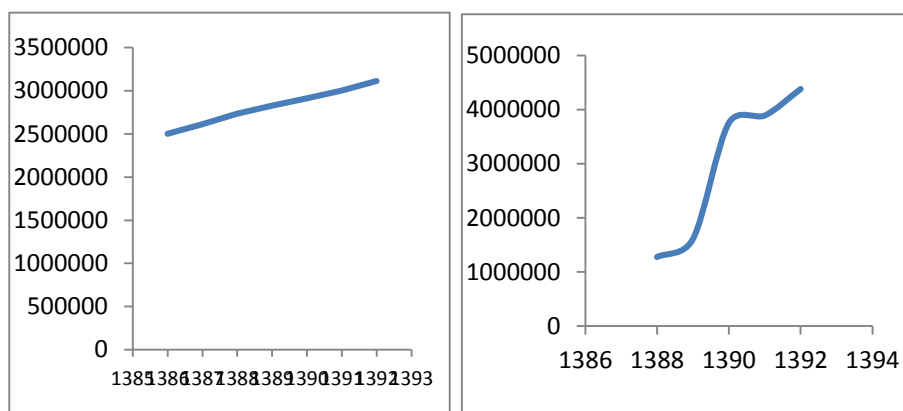
فیلیپینی (Filipini, 1999)، با استفاده از یک معادله تصادفی لگاریتمی خطی برای مصرف برق، تابع تقاضای برق خانگی را برای ۴۰ شهر سوئیس طی سال‌های ۹۰-۱۹۸۷ مورد بررسی قرار داده و کشش قیمتی تقاضا را  $-0/3$  برآورد نموده که نشان دهنده واکنش کم مصرف نسبت به تغییرات قیمت است.

در نهایت، می‌توان گفت نوآوری مطالعه حاضر نسبت به مطالعات بالا، از این منظر است که این مقاله از مدل پنل پویا برای شهرستان‌های منتخب استان تهران جهت تعیین عوامل مؤثر بر تقاضای برق خانگی در کوتاه‌مدت و بلندمدت استفاده کرده و تابع تقاضای این شهرستان‌ها را برازش می‌کند. با توجه به وسعت استان و عدم امکان ذخیره‌سازی برق، دانستن این تابع تقاضا در راستای برق‌رسانی کافی و دقیق به شهرستان‌های بزرگ استان تهران بسیار مفید خواهد بود. در این مقاله همچنین، به تفصیل پیرامون وضعیت تقاضای برق خانگی و عوامل مؤثر بر آن در شهرستان‌های بزرگ استان تهران با ارائه نمودارهای مربوطه، توضیح داده می‌شود و علت اصلی فراز و فرود متغیرها ذکر خواهد شد که از این منظر نیز دارای نوآوری می‌باشد.

#### ۴. بررسی وضعیت تقاضای برق خانگی شهرستان‌های منتخب استان تهران

در ادامه، به وضعیت شهرستان‌های مورد مطالعه در این مقاله به لحاظ مصرف انرژی پرداخته خواهد شد. در نمودار ۱ تعداد مشترکین شهرستان تهران ترسیم شده که بیانگر افزایش تعداد مشترکین طی این سال‌ها می‌باشد.

در نمودار ۲ روند مصرف برق خانگی در شهرستان تهران نشان داده شده است. بررسی روند مصرف برق مشترکان شهر تهران در سال‌های گذشته، نکته ظریفی را نشان می‌دهد، به گونه‌ای که پس از چندین سال، روند رو به رشد مصرف برق، در سال ۱۳۸۹ شاهد رشد نزدیک به ۸ درصدی اوج مصرف برق بودیم، در سال ۱۳۹۰ و اجرای فاز نخست هدفمندی یارانه‌ها که شوک روانی خوبی برای مصرف‌کنندگان ایجاد کرد و نه تنها روند رو به رشد مصرف برق متوقف شد، بلکه شاهد کاهش ۱/۳ درصدی مصرف نسبت به سال ۱۳۸۹ بودیم. در سال ۱۳۹۱ نیز با وجودی که شوک روانی اولیه اجرای هدفمندی یارانه‌ها برطرف شده بود، پیک مصرف برق رشد اندکی را تجربه کرد و با وجود رشد ۲/۷ درصدی نسبت به سال قبل، همچنان روند مصرف در سطح قابل قبولی قرار داشت. حداکثر پیک مصرف برق در سال ۱۳۹۲ در منطقه برق تهران، معادل ۸۵۰۰ مگاوات به ثبت رسید که این شاخص نسبت به سال قبل، رشد ۷ درصدی را تجربه کرده بود، که به معنی بازگشت روند مصرفی در حوزه برق تهران است.



نمودار ۱. تعداد مشترکین شهرستان تهران

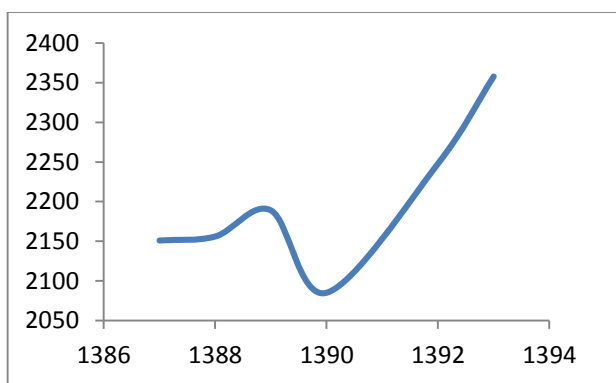
مأخذ: سالنامه آماری استان تهران

نمودار ۲. روند مصرف برق خانگی شهرستان تهران

مأخذ: شرکت توانیر تهران

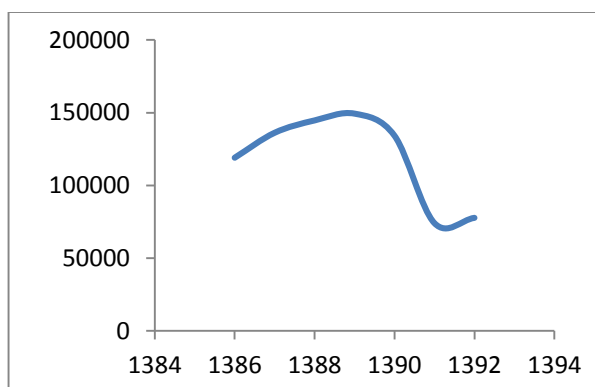
در نمودار (۳) تعداد مشترکین در شهرستان ورامین نشان داده شده است، تا سال ۱۳۸۹ وسعت جغرافیایی منطقه برق ورامین ۱۶۰۰ کیلومتر مربع، و تعداد مشترکین در حال افزایش بوده است اما به دلیل جدا شدن جواد آباد از این شهرستان، وسعت جغرافیایی منطقه کاهش یافته و تعداد مشترکین برق خانگی روند نزولی به خود می گیرد.

در نمودار ۴ روند مصرف برق هر مشترک خانگی در شهرستان ورامین ترسیم شده و بیانگر این است که مصرف برق خانگی ورامین تا سال ۱۳۸۹ روند صعودی داشته و به دلیل حذف پارانه ها و افزایش قیمت برق، مصرف کاهش یافته و روند نزولی به خود گرفته است، ولی از سال ۱۳۹۱ به بعد روند مصرف سیر صعودی پیدا کرده است. این مساله حاکی از آن است که اگرچه حذف پارانه ها و افزایش قیمت انرژی، مصرف برق را کاهش داد، ولی به دلیل کم کشش بودن تقاضای برق به قیمت، طی سال های اخیر، سرانه مصرف برق روند صعودی در پیش گرفته و حتی بیشتر از قبل افزایش داشته است.



نمودار ۳. تعداد مشترکین شهرستان ورامین

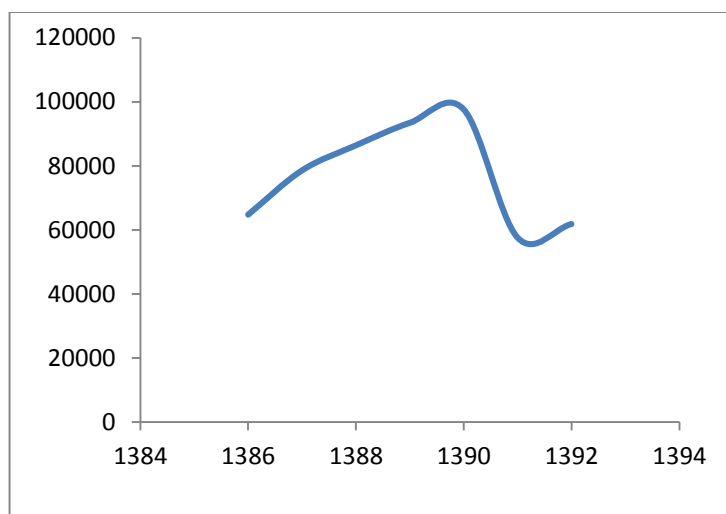
مأخذ: سالنامه آماری استان تهران



نمودار ۴. متوسط سرانه مصرف برق هر مشترک خانگی شهرستان ورامین

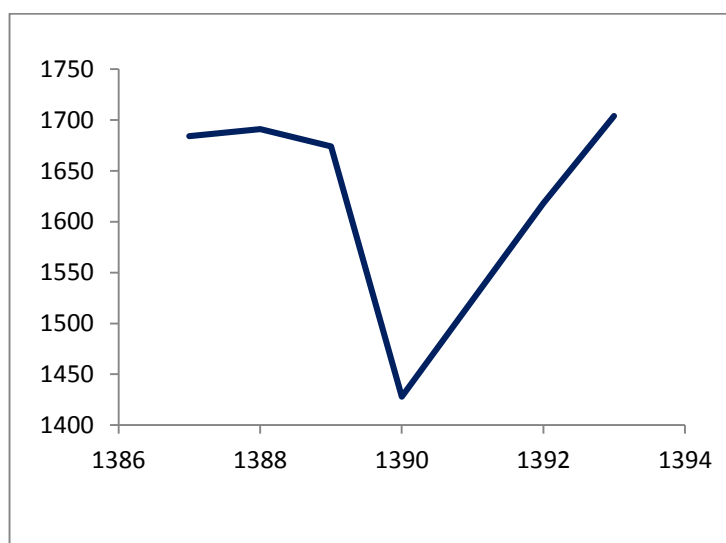
مأخذ: کارنامه آماری کارنامه آماری شرکت توزیع برق نواحی استان تهران

نمودار ۵ تعداد مشترکین شهرستان دماوند را نشان داده که تعداد مشترکین این شهرستان طی این سالها، روند افزایشی داشته، ولی به دلیل اجرای فاز نخست هدفمند سازی یارانه‌ها از سال ۱۳۹۰ تعداد مشترکین این شهرستان کاهش یافته است. نمودار ۶ روند مصرف سرانه برق در بخش خانگی شهرستان دماوند را نشان داده که مصرف انرژی در این شهرستان روند صعودی داشته که به دلیل حذف یارانه‌ها و افزایش قیمت برق از سال ۱۳۸۹ روند نزولی پیدا می‌کند و با وجود افزایش تعرفه‌ها، مصرف برق از سال ۱۳۹۱ روند افزایشی در پیش گرفته است.



نمودار ۵. تعداد مشترکین برق خانگی شهرستان دماوند

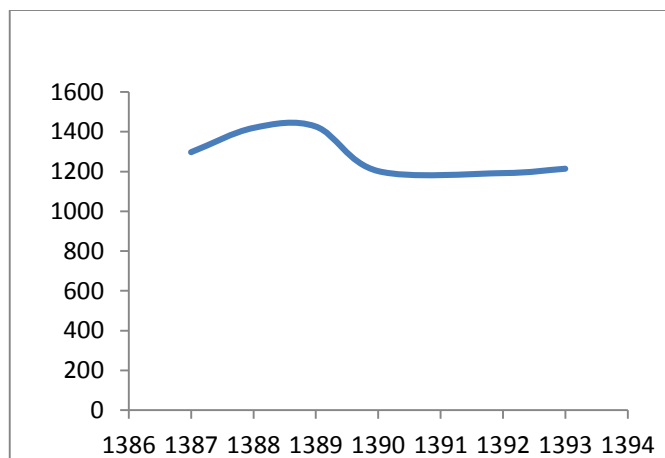
مأخذ: سالنامه آماری استان تهران



نمودار ۶. متوسط سرانه مصرف برق هر مشترک خانگی شهرستان دماوند

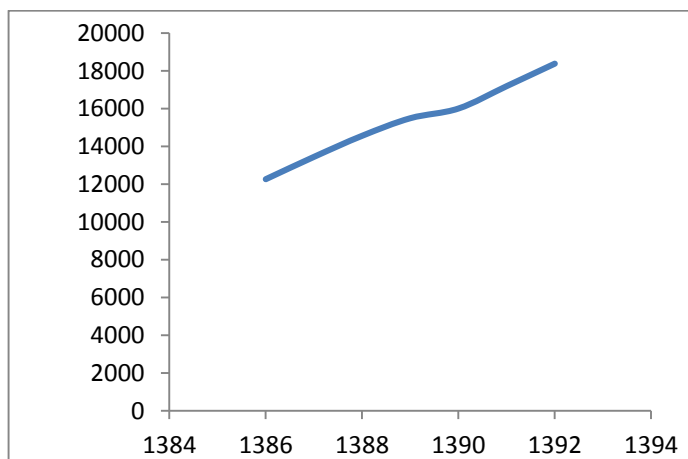
مأخذ: کارنامه آماری شرکت توزیع برق نواحی استان تهران

در نمودار ۷ تعداد مشترکین شهرستان فیروزکوه ترسیم شده که نشانگر صعودی بودن تعداد مشترکین در این سالها است و نمودار ۸ مصرف برق در شهرستان فیروزکوه را نشان می‌دهد که نشان دهنده روند صعودی مصرف در اکثر این سالها بوده و تنها افزایش قیمت در سال ۱۳۸۹ تا حدودی موجب کاهش مصرف شده است.



نمودار ۷. تعداد مشترکین شهرستان فیروزکوه

مأخذ: سالنامه آماری استان تهران



نمودار ۸. متوسط سرانه مصرف برق هر مشترک خانگی شهرستان فیروزکوه

مأخذ: کارنامه آماری شرکت توزیع برق نواحی استان تهران

### ۵. داده‌های تابلویی

امروزه داده‌های پانلی به صورت فزاینده در تحقیقات اقتصادی به کار گرفته می‌شود. داده‌های تلفیقی یا تابلویی که ترکیبی از داده‌های سری زمانی و مقطعی می‌باشد و در واقع، بیان‌کننده داده‌های مقطعی در طی زمان هستند. داده‌های تابلویی مجموعه‌ای از داده‌ها است که شامل چند مقطع و یک دوره زمانی می‌باشد. مقطع می‌تواند بیانگر افراد، گروه‌ها، بنگاه‌ها، صنایع، کشورها و... باشد. در اصل داده‌های تابلویی، دارای ابعاد فضایی (مکانی) و زمانی اند. بنابراین، حجم مشاهدات در داده‌های تلفیقی نسبتاً زیاد است. تجزیه و تحلیل با داده‌های تابلویی، به دلیل اینکه، هم تغییرات زمانی و هم، تغییرات درون هر مقطع را منعکس می‌کند، محیط بسیار غنی از اطلاعات را برای گسترش تکنیک‌های تخمین و نتایج نظری فراهم می‌آورند، لذا بسیاری از نکاتی که در تحلیل سری‌های زمانی نادیده گرفته می‌شود و یا غیرقابل مشاهده هستند، در تحلیل داده‌های ترکیبی روشن می‌شوند؛ بویژه ناهمگنی‌هایی که غالباً در تحلیل سری‌های زمانی از آنها چشم‌پوشی می‌شود و اصطلاحاً غیرقابل مشاهده هستند، در تحلیل داده‌های ترکیبی، امکان بررسی آنها فراهم می‌گردد. از این رو در بسیاری از موارد، محققان از این روش برای مواردی که نمی‌توان مسایل را به صورت سری‌های زمانی یا مقطعی بررسی نمود و یا زمانی که تعداد داده‌ها کم است، استفاده می‌نمایند، و اگر مشاهدات برای دوره‌های زمانی خاص برای برخی از مقاطع وجود نداشته باشد، آنگاه مدل پنل به صورت پنل نامتوازن در می‌آید.

### ۶. معرفی مدل و متغیرهای آن

در این قسمت، به تخمین تابع تقاضای برق در بخش خانگی در شهرستان‌های منتخب استان تهران و برآورد ضرایب مدل که نمایانگر کشش متغیرها می‌باشند، پرداخته خواهد شد. داده‌های به کار رفته در این مطالعه، عبارتند از: مصرف برق در بخش خانگی شهرستان‌های مورد مطالعه به عنوان متغیر وابسته، قیمت واقعی برق، شاخص قیمت واقعی گاز طبیعی به عنوان کالای جانشین یا مکمل در بخش مزبور، شاخص گرما و برودت شهرستان‌های مورد نظر به عنوان متغیر مستقل. تابع تقاضای برق در بخش خانگی در شهرستان‌های منتخب به صورت زیر است:

$$\ln C E_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln C E_{it-1} + \beta_2 \ln P E_{it} + \beta_3 \ln P G_{it} + \beta_5 \ln inc_{it} + \beta_6 TC_{it} + \beta_7 TH_{it} + \varepsilon \quad (12)$$

که در رابطه (۱۲):

$\ln C E_{it}$  لگاریتم مصرف سرانه برق خانوار شهرستان‌های استان تهران به کلیو وات ساعت

(تقسیم مصرف بر تعداد مشترکین)

$\ln P E_{it}$  لگاریتم قیمت سالانه برق خانگی کشور به ریال

$\ln P G_{it}$  لگاریتم قیمت سالانه گاز طبیعی خانگی کشور به ریال

$TH_{it}$  شاخص گرمای هوای شهرستان های استان

$TC_{it}$  شاخص برودت هوای شهرستان های استان

$\ln inc_{it}$  لگاریتم میانگین وزنی درآمد سرانه خانوار شهری و روستایی استان به ریال

$\ln C E_{it-1}$  لگاریتم شاخص مصرف برق در دوره قبل بخش خانگی

اطلاعات آماری استفاده شده در این پژوهش طی سالهای ۹۳-۱۳۸۰ برای شهرستان های

منتخب استان تهران (تهران، دماوند، ورامین و فیروزکوه) می باشد.

برای برآورد مدل تقاضای برق در بخش خانگی، آمار متغیر مقدار مصرف برق خانگی و تعداد مشترکین از سالنامه آماری استان تهران جمع آوری شده، آمار برق مصرفی در بخش خانگی به صورت کیلووات ساعت بیان می شود. متغیر مصرف برق مشترکین خانگی برای هر شهرستان، از تقسیم مقدار مصرف برق خانگی شهرستان مورد نظر بر تعداد مشترکین آن به دست آمده است. آمار مربوط به متغیر شاخص گرما و برودت هوا نیز از سالنامه آماری استان تهران جمع آوری گردیده که در آن،  $TH$  میانگین درجه حرارت هوا در ۱۵ روز گرم سال و  $TC$  میانگین درجه حرارت هوا در ۱۵ روز سرد سال می باشد.

آمار مربوط به متغیرهای قیمت برق، قیمت گاز طبیعی به قیمت جاری از ترازنامه انرژی به دست آمده و برای واقعی کردن، متغیرهای جاری بر شاخص قیمت کالاهای مصرفی سال پایه ۱۳۹۰ تقسیم گردید:

آمار مربوط به متغیر درآمد سرانه خانوار هم از سالنامه آماری استان تهران گردآوری شده که برای هر شهرستان از میانگین وزنی زیر استفاده شد:

$(\text{جمعیت روستایی} \times \text{درآمد سرانه خانوار روستایی}) + (\text{جمعیت شهری} \times \text{درآمد سرانه خانوار شهری})$

جمعیت کل

## ۱-۶. بررسی پایایی متغیرها در مدل

در این مطالعه، برای بررسی پایایی داده‌های تابلویی، از آزمون لوین، لین و چو (Levin Lin, Chia-shang 2002) (LLC) استفاده می‌شود. در این آزمون، فرضیه صفر به صورت  $\rho = 0$  می‌باشد و بیان می‌دارد که تمامی سری‌ها ناپایا هستند.

## جدول ۱. نتایج آزمون پایایی متغیرها

متغیر	آماره	مقدار احتمال	نوع متغیرهای آزمون	وضعیت
لگاریتم مصرف برق LCE	-۵/۷۷۳۶۵	۰/۰۰۰۰	با عرض از مبدأ و بدون روند	I(O) (پایا در سطح)
لگاریتم قیمت واقعی برق PE	-۳/۳۵۶۱۴	۰/۰۰۰۳	با عرض از مبدأ و بدون روند	I(O) (پایا در سطح)
لگاریتم قیمت واقعی گاز PG	-۲/۹۵۲۱۴	۰/۰۰۱۸	با عرض از مبدأ و بدون روند	I(O) (پایا در سطح)
لگاریتم درآمد سرانه خانوار LINC	-۴/۲۵۴۳۱	۰/۰۰۰۰	با عرض از مبدأ و بدون روند	I(O) (پایا در سطح)
شاخص گرمای هوا TH	-۲/۵۲۴۶	۰/۰۰۰۵	با عرض از مبدأ و بدون روند	I(O) (پایا در سطح)
شاخص برودت هوا TC	-۲/۲۵۴۸	۰/۰۰۰۰	با عرض از مبدأ و بدون روند	I(O) (پایا در سطح)

مأخذ: نتایج تحقیق

طبق جدول ۱ همه متغیرها در سطح پایا هستند.

## ۲-۶. آزمون هم‌جمعی

در این مرحله، از آزمون هم‌جمعی کائو استفاده شده است و هم‌انباشتگی متغیرها در بلندمدت بررسی می‌گردد. باتوجه به نتایج جدول ۲ متغیرهای مدل با استفاده از آماره‌های مختلف در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند و فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود هم‌جمعی بین متغیرها رد و هم‌جمعی میان متغیرها در بلندمدت تأیید می‌شود.

## جدول ۲. نتایج آزمون هم‌جمعی کائو

آماره آزمون	t-statistic	احتمال
ADF	-۲/۳۵۲۴۵	۰/۰۰۲۷

مأخذ: نتایج تحقیق



## ۳-۶. نتایج و برآورد مدل

در این قسمت با استفاده از داده‌های شهرستان‌های منتخب استان تهران (تهران، فیروزکوه، دماوند و ورامین)، به برآورد رابطه (۱۲) با روش داده‌های تابلویی پویا پرداخته خواهد شد. مدل با نرم افزار Eviews ۷ برآورد شده است.

گام اول در برآورد مدل، تعیین پانل یا غیرپانل بودن مدل است، که به این منظور، از آزمون F لیمر استفاده می‌شود. فرضیه صفر آزمون بیانگر برابر بودن تمام عرض از مبدأها، و فرضیه مقابل، بیانگر این است که حداقل یکی از عرض مبدأها متفاوت است و از این‌رو، رد فرضیه صفر مبین لزوم استفاده از روش داده‌های تابلویی و عدم توانایی در رد فرضیه صفر، بیانگر لزوم استفاده از روش حداقل مربعات معمولی تجمیع شده<sup>۱</sup> می‌باشد.

نتایج مربوط به F لیمر در جدول زیر آمده است:

جدول ۳. نتایج مربوط به آزمون F لیمر

سطح احتمال	مقدار آماره F	مقدار بحرانی F در سطح ۹۵ درصد
F	۱۰/۵۷۸۴۲	۰/۰۰۰۲
Chi-square	۲۰/۳۵۶۲۶	۰/۰۰۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج این آزمون، بیانگر رد فرضیه صفر و لزوم استفاده از روش داده‌های تابلویی برای برآورد تابع تقاضای برق بخش خانگی است.

درگام بعدی، پس از تأیید مدل با داده‌های تابلویی، با استفاده از آزمون هاسمن، به بررسی روش برآورد با اثرات ثابت یا اثرات تصادفی پرداخته می‌شود. فرضیه صفر آزمون هاسمن، برقراری مدل اثرات تصادفی و فرضیه مقابل، برقراری مدل اثرات ثابت می‌باشد.

جدول ۴. نتایج آزمون هاسمن

آماره به کار گرفته شده	احتمال آماره	مقدار آماره
Chi-square	۰/۲۱۴۱	۴/۶۵۲۴۱

## 1. Pooled Least Square

همان طور که از جدول ۴ مشخص است، آماره  $\chi^2$  دو برابر  $4/65241$  و احتمال متناظر با آن برابر با  $0/2141$  است، در نتیجه، فرض صفر آزمون هاسمن مبنی بر وجود اثرات تصادفی در مدل رد نشده و مدل دارای اثرات تصادفی است. از آنجا که در مدل مورد بررسی در این مطالعه، از روش داده های پویا استفاده می شود، لذا بنا بر نظر آرنالو بوند<sup>۱</sup> برای تخمین رابطه (۱۲) برای شهرستان های منتخب از روش GMM پویا استفاده می شود.

جدول ۵. نتایج مربوط به برآورد مدل پویا با استفاده از رویکرد GMM

متغیر	ضرایب	t- statistis	احتمال
LPE	-۰/۴۲	-۶/۴۵۲۱	۰/۰۰۰۰
LPG	۰/۰۷۴	۷/۵۴۱	۰/۰۰۰۰
LI	۰/۰۳۵	۶/۵۲۳۶	۰/۰۰۰۰
TC	۰/۰۱۷	۳/۸۲۵۱	۰/۰۰۱۶
TH	۰/۰۴	۲/۲۵۴	۰/۰۰۵۱
LE(-1)	۰/۶۵	۷/۱۵۶	۰/۰۰۰
J-Statistic		۴/۵۸۷	
Sargan statistic		۰/۳۵۴۱	
$R^2$		۰/۹۴	

مأخذ: نتایج تحقیق

بر اساس جدول (۵)، ملاحظه می شود که افزایش قیمت واقعی برق (LPE) تأثیر عکس و معناداری بر میزان مصرف برق دارد، و به عبارت دیگر، یک درصد افزایش در قیمت برق در کوتاه مدت،  $0/42$  درصد مصرف برق بخش خانگی شهرستان های منتخب استان تهران را کاهش می دهد، لذا کاهش کوتاه مدت قیمت تقاضای برق در بخش خانگی در شهرستان های منتخب  $0/42$  - می باشد و می توان گفت برق در بخش خانگی در کوتاه مدت، کالایی نسبتاً بی کشش است. متغیر قیمت واقعی گاز طبیعی (LPG) در سطح  $95$  درصد معنادار بوده و تأثیر مثبتی بر مصرف برق دارد. به عبارت دیگر، با افزایش یک درصد در قیمت واقعی گاز طبیعی، میزان مصرف برق خانگی  $0/074$  درصد افزایش می یابد؛ یعنی می توان گفت که در کوتاه مدت، گاز طبیعی و برق خانگی، جانشین یکدیگر هستند. کوچک بودن ضریب برآورد شده، نشان دهنده این است که گاز طبیعی نمی تواند جانشین قوی برای برق در بخش خانگی شهرستان های مورد مطالعه باشد.

1. Arrelano and Bonad

همان طور که انتظار می‌رفت، درآمد واقعی سرانه، تأثیر مثبت و معناداری بر روند مصرف برق خانگی در شهرستان‌های مورد مطالعه دارد، به طوری که یک درصد افزایش در درآمد سرانه منجر به افزایش ۰/۰۳۵ درصدی مصرف برق می‌گردد. همچنین کوچکتر از واحد بودن ضریب برآورد شده، نشان دهنده آن است که برق خانگی در این شهرستان‌ها، کالایی اساسی و ضروری می‌باشد. از دیگر متغیرهای مؤثر بر تقاضای برق خانگی، شاخص گرما و برودت هوا می‌باشد. طبق نتایج به دست آمده در جدول (۵-۵)، این شاخص‌ها در سطح ۹۵ درصد معنا دار بوده و ضریب برآورد شده برای شاخص برودت هوا (TC)، ۰/۰۱۷ و برای گرمای هوا (TH)، ۰/۰۴ می‌باشد و حاکی از این است که با کاهش دما و افزایش دما در این شهرستان‌ها، میزان مصرف برق افزایش می‌یابد؛ چون از لحاظ جغرافیایی، این شهرستان‌ها دارای آب و هوای معتدل کوهستانی می‌باشند. مقدار ناچیز ضرایب به دست آمده نیز حکایت از این دارد که میزان مصرف برق خانگی در این شهرستان‌ها چندان تحت تأثیر گرما و سرمای هوا نمی‌باشد و تحت تأثیر عوامل دیگری است.

مؤثرترین عامل در تغییر تقاضای برق در بخش خانگی، متغیر مصرف در دوره گذشته بوده، به طوری که با افزایش یک درصد مصرف دوره قبل، مصرف دوره جاری، ۰/۶۵ درصد افزایش می‌یابد؛ به این معنا که مصرف دوره آتی، تابعی از دوره گذشته است.

برای آزمون اعتبار متغیرهای ابزاری در مدل، از آزمون سارگان استفاده می‌شود. فرضیه صفر آزمون سارگان که از رتبه متغیرهای ابزاری به دست می‌آید، نشان‌دهنده عدم همبسته بودن متغیرهای ابزاری با اجزای اخلاص است و دلالت بر معتبر بودن متغیرهای ابزاری استفاده شده در مدل دارد. همان گونه که ملاحظه می‌شود، براساس نتایج به دست آمده از مدل، فرضیه صفر، مبنی بر عدم همبسته بودن متغیرهای ابزاری با اجزای اخلاص را نمی‌توان رد کرد، بنابراین اعتبار متغیرهای ابزاری در مدل تأیید شده و مدل نیازی به متغیرهای ابزاری بیشتری دارد و مطابق معیار  $R^2$ ، قدرت توضیح دهنده مدل، بالا بوده و معادل ۹۴ درصد است.

همان طور که در قسمت ادبیات نظری بیان شد، کشش‌های بلندمدت، از تقسیم کشش‌های کوتاه مدت بر ضریب  $\lambda$  (یک منهای ضریب  $LnE_{t-1}$ ) به دست می‌آید. خلاصه نتایج برآورد کشش‌های بلندمدت و کشش‌های کوتاه‌مدت در جدول (۶) ارائه گردیده است.

## جدول ۶. کشش های بلندمدت و کوتاه مدت

متغیرها	کشش کوتاه مدت	کشش بلند مدت
کشش قیمتی تقاضا برای برق	-۰/۴۲	-۱/۲
کشش درآمدی تقاضا برای برق	۰/۰۳۵	۰/۱
کشش متقاطع برق و گاز	۰/۰۷۴	۰/۲۱

بر اساس ادبیات تجربی و تئوریک می توان گفت که اگرچه مصرف برق خانگی در کوتاه مدت چندان نسبت به قیمت آن حساس نیست ولی در بلندمدت، نسبت به قیمت آن با کشش است؛ به گونه ای که در بلندمدت، با افزایش یک درصدی قیمت برق در بخش خانگی شهرستان های منتخب، مصرف برق ۱/۲ درصد کاهش می یابد و این امر، نشانگر آن است که سیاست های قیمتی در بلند مدت مؤثرتر می باشد.

کشش درآمدی تقاضای برق در بخش خانگی شهرستان های منتخب در کوتاهمدت کمتر و در بلندمدت بیشتر است، به طوری که در بلندمدت، با یک درصد افزایش در درآمد، ۰/۱ درصد تقاضای برق افزایش می یابد؛ در صورتی که در کوتاهمدت، با افزایش یک درصد درآمد، ۰/۰۳۵ درصد افزایش در تقاضای برق را داشته ایم. پس در بلند مدت، تقاضای برق بخش خانگی شهرستان های منتخب نسبت به درآمد سرانه خانوارها بیشتر حساس می باشد.

کشش متقاطع انرژی برق و گاز در بخش خانگی شهرستان های منتخب در بلندمدت بیشتر از کوتاه مدت است، به طوری که در بلندمدت با یک درصد افزایش در قیمت گاز، مصرف برق ۰/۲۱ درصد افزایش می یابد، در صورتی که در کوتاه مدت با افزایش یک درصد قیمت گاز، تقاضای برق ۰/۰۷۴ درصد افزایش می یابد.

## ۷. جمع بندی و ارائه پیشنهادات

در این پژوهش با استفاده از داده های تابلویی برای شهرستان های منتخب استان تهران (تهران، دماوند، فیروزکوه و ورامین) دوره زمانی ۹۳-۱۳۸۰ به برآورد تابع تقاضای برق خانگی پرداخته و کشش های کوتاهمدت درآمدی، قیمتی و متقاطع تقاضای برق خانگی حاصل گردید. بر اساس نتایج به دست آمده، مصرف برق در بخش خانگی شهرستان های موردنظر در کوتاهمدت نسبت به قیمت واقعی برق چندان حساس نیست و افزایش درآمد خانوار، تأثیر چندانی بر افزایش مصرف برق در این بخش نداشته، به طوری که با افزایش یک درصد درآمد خانوار، ۰/۰۳۵ درصد تقاضای انرژی الکتریکی در کوتاهمدت افزایش می یابد. در مقابل، مصرف برق دوره قبل، اثرگذارترین متغیر در روند مصرف برق در بخش خانگی شهرستان های منتخب در کوتاهمدت می باشد، به صورتی که یک درصد افزایش در مصرف دوره قبل، ۰/۶۵ درصد تقاضای برق را افزایش می دهد و می توان گفت که رشد بی رویه و

مصرف نسبتاً بالای برق خانگی در این شهرستان‌ها، ریشه در عوامل فرهنگی و عادات روزانه خانوارها دارد که در کوتاه‌مدت، نمی‌توان جلوی رشد بی‌رویه مصرف را با افزایش قیمت گرفت. ضرایب به دست آمده از قیمت واقعی گاز، نشانگر این است که انرژی گاز و برق در این بخش جانشین یکدیگر هستند و مقدار اندک آن، از جانشینی ضعیف بین این دو انرژی حکایت می‌کند. همچنین با برآورد ضرایب شاخص برودت و گرمای هوا با مقادیر کم، این گونه استنباط گردید که شاخص برودت و گرمای هوا در شهرستان‌های منتخب در این مطالعه، عوامل تأثیر گذار بر مصرف برق نمی‌باشند.

بر اساس نتایج به دست آمده، در بلندمدت، تقاضای برق نسبت به قیمت باکشی است، و به عنوان مثال در بلندمدت، با افزایش یک درصد قیمت واقعی برق، مصرف برق، ۱/۲ درصد کاهش می‌یابد. طبق نتایج به دست آمده از برآورد مدل تقاضای برق، فروض اصلی این مطالعه مبنی بر کم‌کشی بودن تقاضای برق بخش خانگی استان‌های منتخب نسبت به قیمت آن، در کوتاه‌مدت در مقایسه با بلندمدت تأیید شد.

کشی درآمدی تقاضای برق در بخش خانگی شهرستان‌های منتخب در کوتاه مدت بسیار اندک است، ولی در بلندمدت بیشتر می‌باشد؛ به طوری که در بلندمدت، با یک درصد افزایش در درآمد سرانه واقعی، ۰/۱ درصد تقاضای برق افزایش می‌یابد؛ در صورتی که در کوتاه‌مدت با افزایش یک درصد درآمد سرانه واقعی، ۰/۳۵ درصد افزایش در تقاضای برق را داشتیم که بر پایه فرض اصلی پژوهش (کشی درآمدی تابع تقاضای برق در بلندمدت، بیشتر از کوتاه‌مدت می‌باشد) استوار می‌باشد؛ ولیکن نشانگر کم‌کشی بودن تقاضای برق در بلندمدت و کوتاه‌مدت نسبت به درآمد است.

پیشنهادات مبتنی بر نتایج این مطالعه، حاکی از آن است که سیاست‌گذاران با اعمال سیاست افزایش قیمت، می‌توانند مصرف برق بخش خانگی را در بلندمدت کاهش داده و کارایی آن را افزایش دهند؛ ولی در کوتاه‌مدت به دلیل اینکه خانوارها نمی‌توانند موجودی و تجهیزات برقی خود را بهبود بخشند، افزایش قیمت، تأثیر چندانی بر تقاضای آن ندارد. بنابراین، سیاست افزایش قیمت برق بر میزان تقاضای برق حداقل در کوتاه‌مدت (طبق نتایج این مطالعه) در شهرستان‌های مورد بررسی در این تحقیق، بی‌تأثیر است. پس برای کاهش مصرف برق خانوارها بهتر است برای استفاده از محصولات کم مصرف‌تر از جمله استفاده از لامپ‌های کم مصرف و یا لامپ‌های سنسوردار، فرهنگ‌سازی انجام گیرد. از آنجا که طبق نتایج تحقیق حاضر، مصرف دوره گذشته، بیشترین تأثیر را بر مصرف حال دارد، لذا تلاش برای فرهنگ سازی در راستای کاهش مصرف برق بسیار مؤثر خواهد بود. همچنین به علت افزایش استفاده خانوارها از لوازم برقی، بهتر است برای کاهش مصرف، کیفیت این لوازم را افزایش داد (حمایت از تولید کننده برای افزایش کیفیت محصولات تأثیر گذار می‌باشد)، همچنین کنترل در واردات محصولات برقی با بازده پایین، می‌تواند به کاهش مصرف برق کمک کند.

## منابع و مآخذ

- اسکندری نیا، سکینه (۱۳۹۲)، "برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش خانگی - تجاری استان خوزستان با تمرکز بر ارزیابی اثر هدفمندی یارانه ها"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- آشتیانی، علی و جلولی مهدی (۱۳۹۱)، "برآورد تابع تقاضای برق و پیش بینی آن برای افق چشم انداز ۱۴۰۴ ایران و نقش آن در توسعه کشور با توجه به هدفمند شدن یارانه های انرژی"، فصلنامه پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، سال دوم، شماره ۷.
- امینی فرد، عباس و سارا استدلال (۱۳۸۲)، "برآورد تابع تقاضای برق خانگی در ایران: یک رهیافت هم تجمعی"، هجدهمین کنفرانس بین المللی برق: ۲۴۶-۲۳۶.
- بختیار، صادق و مرتضی یزدانی (۱۳۸۹)، "تخمین الگوی پویایی مصرف برق و لزوم اصلاح یارانه های انرژی"، دومین کنفرانس سراسری اصلاح مصرف انرژی الکتریکی.
- پورآرزم، الهام (۱۳۸۴)، "برآورد تابع تقاضای برق خانگی استان خوزستان؛ جستارهای اقتصادی، دوره ۲، شماره ۴: ۱۸۲-۱۳۷.
- جعفری، سعید و صالح انصاری لاری (۱۳۹۲)، "برآورد تابع تقاضای برق خانگی ایران با استفاده از داده های تابلویی استانی"، فصل نامه اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره ۸: ۹۲-۶۹.
- شرکت توزیع برق منطقه ای تهران، امور مشترکین
- عسگری، علی (۱۳۸۰)، "تخمین تقاضای برق در بخش خانگی و برآورد کشش های قیمتی و درآمدی آن"، مجله برنامه و بودجه، شماره ۶۳ و ۶۴: ۱۱۹-۱۰۳.
- لطفعلی پور محمد رضا و لطفی احمد (۱۳۸۳)، "بررسی و برآورد عوامل مؤثر بر تقاضای برق خانگی استان خراسان"، مجله دانش و توسعه، شماره ۱۵.
- کاظمی، ایرج و سکینه صادقی (۱۳۸۸)، "برازش مدل های رگرسیونی پویا با داده های پانلی توسط روش های ماکزیمم درستنمایی و بیزی، مجله علوم آماری"، جلد ۳، شماره ۱: ۹۴-۷۹.
- ناظمی معزآبادی، سیما، (۱۳۹۴)، "برآورد توابع تقاضای برق در بخش های خانگی و صنعتی ایران با بکارگیری الگوی سری زمانی ساختاری"، فصلنامه علمی و پژوهشی مطالعات اقتصاد کاربردی ایران، سال چهارم، شماره ۳۱: ۲۰۸-۱۸۷.
- وزارت نیرو، شرکت توزیع برق نواحی استان تهران، شاخص های آماری طی سال های ۹۲-۱۳۸۶.
- وزارت نیرو، شرکت توزیع برق نواحی استان تهران، کارنامه آماری آماری طی سال های ۹۲-۱۳۸۶.
- وزارت نیرو، معاونت انرژی، دفتر برنامه ریزی انرژی، ترازنامه انرژی کشور در سالهای ۹۲-۱۳۸۶.
- Arellano, M., & Bond, S., (1991), "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations". *Review of Economic Studies*, 57: 277-297.

- Arrelano, M., & Bover, O. (1995). "Another Look at The Instrumental Variables Estimation of Error Components Models". *Journal of Econometrics*, 68: 29-51.
- Arisoy, Ibrahim, & Ozturk, Ilhan. (2014). "Estimating Industrial and Residential Electricity Demand in Turkey: A Time Varying Parameter Approach". *Energy* 66: 959-964.
- Anderson .B, & Damsgaard, N. (2002). "Residential Electricity Use Demand Estimation using Swedish Micro Data". Stockholm School of Economics, Box 6501, S-11383 Stockholm, Sweden.
- Anderson, T. W. and Hsiao, C. (1982). "Formulation and Estimation of Dynamic Models Using Panel Data". *Journal of Econometrics*, 18: 47-82.
- Baltagi, B. (2005). "Econometric Analysis of Panel Data". Third ed., John Wiley & Sons Ltd, London.
- Baltagi, B. H. (2005). "Econometric Analysis of Panel Data". John Wiley & Sons Inc, New York, USA.
- Bentzen, J., & Engsted, T. (1993). "Short and Long-Run Elasticities in Energy Demand: A Cointegration Approach". *Energy Economics*, Vol. 15, No. 1.
- Branch, E. R. (1993). "Short Run Income Elasticity of Demand for Residential Electricity Using Consumer Expenditure Survey Data". *The Energy Journal*, pp.121\_111.
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models". *Journal of Econometrics* 87: 115-143
- Bond, S. (2002). "Dynamic Panel Models: a Guide to Micro Data Methods and Practice. Institute for Fiscal Studies, Department of Economics, UCL, CEMMAP (Centre for Micro data Methods and Practice) Working Paper. CWPO 9/02. Available Online: <http://cemmap.ifs.org.uk/wps/cwp0209pdf>.
- Chang, Y.; C. Kim; J.I. Miller; S. Park, and J.Y. Park (2014). "Time-varying Longrun Income and Output Elasticities of Electricity Demand". *The Energy Economic*, Vol. 46: 334-347.
- Dergiades, T. & L. Tsoulfidis (2011). "Revisiting Residential Demand for Electricity in Greece: New Evidence from The ARDL Approach to Cointegration Analysis". *Empirical Economics*, Vol. 41, No. 2: 511-531.
- DUBIN, J. (1982). "Economic and Estimation of the Demand for Durable Goods and Their Utilization: Appliance Choice and the Demand for Electricity". Massachusetts Institute of Technology Energy Laboratory Discussion, Paper No. 23, MIT-EL 82-035 WP.
- Eltony M., Nagy and H. Mohamad Yousuf (1993). "The Structure of Demand for Electricity in the Persian Gulf Cooperation Council Countries". *The Journal of Energy and Development*, Spring: 221-213.

- Eshhchanov, B.; Grinwis, M., & S. Saloev (2012), Price and Income Elasticity of Residential Electriciti Consumption in Khorezm Cotton, Water, Salts and Slum (PP. 155-167): Springer.
- Filippini, Massimo. (1999), Electricity Demand by Time of Use, *Energy Economics*, Vol. 24, No. 3: 197-204.
- Greene, W. H. (2008). *Econometric Analysis*-sixth Edition. New Jersey, Upper Saddle River: Pearson International.
- Im, K. S.; Pesaran, M. H. & Y. Shin (2003), "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics*, No. 115: 53-74.
- Kamerschen, D. R., & D. V. Porter (2004), "The Demand for Residential, Industrial and Total Electricity, 1973-1998", *Energy Economics*, Vol. 26, No. 1: 87-100.
- Kao, C. (1999), "Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data", *Journal of Econometrics*, No. 90: 1- 44.
- Khan, M. A., & A. Qayyum (2009), "The Demand for Electricity in Pakistan", *OPEC Energy Review*, Vol. 33, No. 1P: 70-96.
- Latif, E. (2015), "A Panel Data Analysis of the Demand for Electricity in Canada", *Journal of Applied Economics and Policy*, Vol. 34: 195-205
- Levin, A., C. Lin, & J. Chia-shang (2002), "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties", *Journal of Econometrics*, 108: 1-24.
- Matyas, L. and Sevestre P. (1992); *The Econometric Analysis of Panel Data, Handbook of Theory and Application*, Dordrech, Kluwer Academic Press.
- Sik, Julian and Fredevick L. Joutz (1997)" Short and Long Run Elasticities in US Residential Electricity Demand: A Cointegration Approach *Energy Economics*, Vol. 19: 493-513.
- Tiwari, P. (2000), "Architectural, Demographic and Economic Causes of Electricity Consumption in Bambay", *Journal of Policy Modeling*, Vol. 22, No. 1: 81-89.
- Ziramba, Emmanuel (2008) The Demand for Residential Electricity in South Africa", *Energy Policy* 36: 3460-3466.