

برآورد تابع تقاضای برق خانگی استان خوزستان

الهام پورآزرم*

چکیده

انرژی برق نسبت به سایر حاملهای انرژی، ضمن داشتن نقش مؤثر در تولید و مصرف، اهمیت ویژه‌ای نیز در فرآیند تصمیم‌گیری اقتصادی و اجتماعی دارد. روند تغییرات مصرف برق در بخش خانگی طی سالهای گذشته نشان از رشد شدید مصرف آن در این بخش دارد. مصرف کل در بخش خانگی طی دوره ۱۳۵۶ - ۱۳۸۰ حدود ۱۰ برابر و مصرف سرانه هر مشترک حدود ۳ برابر شده است.

در این مقاله سعی شده است تا تقاضای برق خانگی استان خوزستان با تکیه بر مطالعات خارجی از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۲ و مطالعات داخلی از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۹ برآورد شود. برای تخمین معادله بلندمدت از روش OLS^۱ و برای تخمین معادله کوتاه‌مدت از روش ECM^۲ استفاده شده است. سری‌های زمانی مورد استفاده از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۸۰ انتخاب شده‌اند.

در این مطالعه ضمن بررسی سری‌های زمانی از نظر مانایی، فروض کلاسیک نیز در خصوص مدل‌های برآوردی بررسی شده‌اند که این مدل‌ها با فروض کلاسیک کاملاً مطابقت دارند. نتایج حاصل از برازش مدل نشان می‌دهد: کششهای قیمتی و درآمدی در بلندمدت $-۰/۹۷$ و $۱/۲۲$ و در کوتاه‌مدت $-۰/۲۲$ و $۰/۵۴$ می‌باشد. گاز به‌عنوان کالای جانشین، دارای ضریب منفی در مدل است که نشان می‌دهد با وجود کاهش قیمت آن، مصرف برق افزایش یافته است که بیانگر مصرف همزمان گاز و برق می‌باشد. یکی از دلایل این امر می‌تواند ناشی از ایجاد حرارت به هنگام استفاده از گاز جهت پخت‌وپز، استفاده از لامپها و گرمایش آب و در نتیجه آن استفاده از وسایل خنک‌کننده و تهویه‌کننده برای پایین آوردن دمای محیط در ماه‌های گرم سال (حدود ۷ ماه) باشد.

* عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

1- Ordinary Least Squares.

2- Error Correction Model.

با مقایسه کسشهای قیمتی و درآمدی تقاضای برق خانگی استان خوزستان می‌توان چنین استنباط کرد که تقاضای برق از سیاستهای قیمتی و درآمدی تأثیر می‌پذیرد و تأثیر سیاستهای درآمدی بیشتر از سیاستهای قیمتی است.

واژگان کلیدی:

روش حداقل مربعات معمولی، متوسط درآمد سرانه خانوار، شاخص CPI، روش ECM، متغیر مانا و آزمون ریشه واحد.

طبقه‌بندی JEL :

C87 ، C53 ، C52 ، C51

مقدمه

خانوارها انرژی را به‌طور مستقیم (روشنایی، گرما و...) و غیرمستقیم (کالاهای بادوام خانگی) مصرف می‌نمایند. میزان مصرف برق به‌عنوان مهم‌ترین حامل انرژی

در بخش خانگی بالا می‌باشد و این ناشی از حجم زیاد وسایل برقی به‌کار برده شده، کاربرد فراوان آنها، افزایش روزافزون وسایل جدید برق، پایین بودن نسبی قیمت برق نسبت به سایر کالاها افزایش جمعیت و عوامل دیگر می‌باشد (پژویان و... ۱۳۷۹).

برق به‌خاطر آلوده نکردن محیط زیست و قابلیت بالای تبدیل به سایر صورتهای انرژی، شاخص مهمی برای مقایسه کیفیت زیست ملتها می‌باشد و به‌عنوان صنعت اصلی در بسیاری از کشورها شناخته شده است. نظر به این مهم برنامه‌ریزی برای توسعه ظرفیتهای تولید، نیازمند آگاهی کامل از وضعیت کنونی و پیش‌بینی بلندمدت تقاضای برق می‌باشد. از طرفی زمان برای ایجاد این ظرفیتهای طولانی است. به‌طور متوسط حدود ده سال برای نیروگاه بخاری و حداقل سه سال برای نیروگاه گازی از زمان مطالعه، طرح، نصب و راه‌اندازی تا شروع بهره‌برداری، زمان لازم است و بازگشت سرمایه به‌طور متوسط ۲۵ سال خواهد بود (فراهانی، ۱۳۷۹). بنابراین این امر پیش‌بینی‌های میان‌مدت و بلندمدت میزان تقاضای برق در کشور را می‌طلبد. برای برآورد تقاضای برق بخش خانگی استان خوزستان براساس مبانی نظری اقتصاد خرد از روشهای OLS برای بلندمدت و ECM برای کوتاه‌مدت استفاده می‌شود. با استفاده از برنامه نرم‌افزاری Eviews و داده‌های سری زمانی سالهای ۱۳۵۶ - ۱۳۸۰ از انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خوزستان، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و سازمان آب و برق خوزستان، برآوردها محاسبه شده است.

مشکل اساسی این تحقیق جمع‌آوری اطلاعات مربوط به درآمد است که اطلاعات و آمار دقیق این متغیر در منطقه به‌صورت سری زمانی بلندمدت در آمارنامه‌های کشور وجود ندارد. جهت رفع این مشکل برای سالهایی که آمار در دست نبوده است با توجه به نرخ رشد درآمد سرانه کشور، درآمد سرانه خانوار خوزستانی تخمین زده شده است. مشکل دیگر چند نرخی بودن قیمت برق است که جهت رفع این مشکل نیز از قیمت متوسط (نسبت درآمد کل ناشی از مصرف برق بخش خانگی به کل مصرف برق بخش خانگی) استفاده شده است.

در این مقاله ابتدا وضعیت برق در استان خوزستان و سپس ادبیات موضوع در

خارج و داخل بررسی می‌شود. پس از آن روش‌شناسی موضوع و در پایان مدل تخمینی و نتایج ذکر می‌شوند.

۱. انرژی برق در خوزستان

تاریخ استفاده از برق در خوزستان به سالهای کشف اولین حوضه‌های نفت در مسجد سلیمان برای راه‌اندازی ایستگاه‌های تاپینگ فلات مربوط می‌شود. پس از آن با تاسیس پالایشگاه آبادان در سال ۱۳۰۸ شمسی، شهر آبادان شروع به استفاده از انرژی برق نمود. طی سالهای ۱۳۱۲ تا ۱۳۱۶ محدوده‌ای از شهر اهواز از طریق چند مولد دیزلی ۲۵۰ کیلوولتی یک شرکت خصوصی و سپس با نصب یک مولد ۵۰۰ کیلوولتی در محل یک کارخانه ریسندگی از انرژی برق استفاده نمود. بعد از آن شهرهای خرمشهر، دزفول و اندیمشک به تدریج از طریق بخش خصوصی به صورت محدود تأمین برق شدند.

در سال ۱۳۳۷ قرارداد احداث سد مخزنی دز به امضا رسید و عملیات ساختمانی آن از سال ۱۳۳۸ آغاز و همزمان احداث طرحهای شبکه انتقال و توزیع برق شروع شد. در اوایل سال ۱۳۳۹ طبق مصوبه مجلس، سازمان آب و برق خوزستان به‌عنوان اولین سازمان مدرن عمرانی در کشور تاسیس و شروع به کار نمود (رشیدیان، ۱۳۶۷). در حال حاضر سازمان آب و برق خوزستان مسئولیت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق را در سطح پراکنده در استان خوزستان و استان کهگیلویه و بویراحمد در مساحتی حدود ۸۰۹۹۲ کیلومترمربع به‌عهده دارد.

در سال ۱۳۸۰ مجموع قدرت اسمی موجود در شبکه برق خوزستان ۳۸۲۸ مگاوات بود که نسبت به سال ۷۹ رشدی حدود ۸/۹۶ درصد داشت. تولید انرژی برق در نیروگاه‌های خوزستان در سال ۱۳۸۰ به ۱۷۸۶۲ میلیون کیلووات ساعت رسیده بود که نسبت به سال قبل ۱۹ درصد افزایش داشته است. از کل میزان برق تولیدی ۲۶ درصد توسط نیروگاه‌های آبی، ۷۲ درصد توسط نیروگاه‌های بخار و ۲ درصد توسط نیروگاه‌های گازی تولید شده است.

۲. ادبیات موضوع

۲-۱. ادبیات خارجی

مطالعه «هات آکر»^۱ (۱۹۵۱) برای برآورد میزان تقاضای برق خانگی در ۴۲ شهر انگلستان در سالهای ۱۹۲۷-۱۹۳۷ از قدیمی‌ترین مطالعات در زمینه تقاضای برق می‌باشد. وی با استفاده از داده‌های مقطعی و روش حداقل مربعات نشان داد که تقاضای برق نسبت به قیمت بی‌کشش و نسبت به درآمد خانوار با کشش است.

«فیشر و کیسن»^۲ (۱۹۶۲) به برآورد تقاضای برق خانگی در آمریکا پرداختند. مهم‌ترین نتیجه‌ای که گرفتند این بود که هر چه اقتصاد یک ناحیه پیشرفته‌تر شود، در کوتاه‌مدت کشش‌پذیری تقاضا در مقابل تغییرات قیمت کمتر می‌شود. آنان برای اولین بار تقاضای کوتاه‌مدت و بلندمدت را به‌طور جداگانه برآورد کردند و نشان دادند که تغییرات در تعداد وسایل مصرف‌کننده انرژی، ارتباطی با قیمت انرژی ندارد و بیشتر تحت تأثیر درآمد، تغییرات جمعیت و تعداد خانوارهایی که مشترک برق هستند می‌باشد، در نتیجه قیمت انرژی تأثیری بر روی میزان مصرف ندارد.

«هات آکر، ورنجر و شیهان»^۳ (۱۹۷۳) با استفاده از داده‌های مقطعی ۴۸ ایالت آمریکا در سالهای ۱۹۶۰-۱۹۷۱ مصرف برق هر ایالت را برآورد نمودند. آنها کشش درآمدی و قیمتی را به‌ترتیب $0/143$ و $0/089$ - به‌دست آوردند که حاکی از کشش‌ناپذیر بودن برق در برابر تغییرات قیمت و درآمد است.

«اندرسن»^۴ (۱۹۷۳) تابع تقاضای برق را برای ۵۰ ایالت آمریکا به‌دست آورد. وی می‌تواند مصرف برق را تابعی از قیمت واقعی برق، درجه حرارت، قیمت گاز، بعد خانوار، درآمد واقعی شخصی و تعداد مشترکین می‌داند. وی با روش OLS نشان داد که میزان مصرف برق نسبت به تغییرات قیمت کم کشش و نسبت به تغییرات

1 - Huathaker.

2 - Fisher and kaysen.

3 - Houthaker, verlenger and Sheehan.

4 - Kent D. Anderson.

درآمد با کشش است.

«ویلدِر و ویلنبر^۱» (۱۹۷۳) تابع تقاضای برق خانوار را در سال ۱۹۷۳ برای جنوب شرق آمریکا به دست آوردند. نتایج نشان می‌دهد درآمد، تعداد افراد خانوار، نژاد، سن و سال رئیس خانوار تعیین‌کننده‌های مهمی در موجودی وسایل برقی و مساحت خانه (که خود از تأثیرگذاران بر میزان مصرف برق هستند) می‌باشند. آنها کشش قیمتی و درآمدی را به ترتیب $1/31$ - و $0/34$ به دست آوردند.

«هالورسن^۲» (۱۹۷۴) معادله تقاضای برق را با استفاده از داده‌های تلفیقی سالهای ۱۹۶۱ - ۱۹۹۶ مربوط به ۴۸ ایالت آمریکا به دست آورد. وی تقاضای برق را تابعی از قیمت برق، متوسط درآمد سرانه، قیمت گاز خانگی، درجه حرارت روزانه، متوسط درجه حرارت ماه‌های تابستان، درصد جمعیت روستایی و بعد خانوار به دست آورد. با استفاده از روش حداقل مربعات دو مرحله‌ای نشان داد که کشش قیمتی، درآمدی و متقاطع به ترتیب برابر با $1/15$ -، $0/51$ و $0/04$ است که بیانگر کشش‌پذیر بودن میزان مصرف نسبت به تغییرات قیمت برق و کم کشش بودن نسبت به تغییرات درآمد است.

«مککانن و همکارانش^۳» (۱۹۸۰) تقاضای برق خانگی را برای شمال شرق ایالات متحده آمریکا برای سالهای ۱۹۶۷ - ۱۹۷۷ با روش OLS تخمین زدند. آنها تقاضای برق را تابعی از قیمت برق، قیمت انرژی‌های جانمایی و درآمد به دست آوردند و نشان دادند که کشش قیمتی متقاطع بین گاز و برق ناچیز است.

«وستلی^۴» (۱۹۸۳) تقاضای برق خانگی در کشور پاراگوئه را با استفاده از داده‌های سالهای ۱۹۷۰ - ۱۹۷۷ برآورد نمود. وی تقاضای برق را تابعی از درآمد خانوار، قیمت نهایی برق، مساحت زیربنا و بعد خانوار به دست آورد. نتایج تحقیقات وستلی مؤید کشش‌ناپذیری تقاضا نسبت به قیمت و درآمد می‌باشد.

1 - Willder, willenbor.

2 - Halvorson.

3 - Mc connon and et al.

4 - Westley.

«آنگ»^۱ (۱۹۸۸) تابع تقاضای برق را برای چهار کشور جنوب شرق آسیا (تایلند، مالزی، تایوان و سنگاپور) برآورد و آن را تابعی از تولید ناخالص داخلی سرانه، قیمت و مصرف سرانه برق با یک دوره تأخیر فرض کرد. نتایج نشان می‌دهد کشورهای که درآمد بالاتر دارند ضریب کشش درآمدی کوچکتری دارند. وی نتیجه گرفت کشش درآمدی کوتاه‌مدت برای تمام کشورهای فوق در دوره بعد از بحران نفتی ۱۹۷۳ از دوره قبل از این سال کوچکتر بوده است و کلیه کششهای قیمتی از نظر قدر مطلق کوچکتر از یک و حاکی از بی‌کشش بودن تقاضای برق نسبت به تغییرات قیمت هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت می‌باشد.

یک گروه تحقیقاتی (۱۹۹۱) از دانشگاه‌های انگلستان، مصرف برق را در انگلستان و ولز برای دوره زمانی (۱۹۵۷ - ۱۹۸۲) بررسی نمودند. ابتدا سه مدل برآورد نمودند که به دلیل مشکلاتی از قبیل هم‌خطی میان برخی از متغیرها ناچار به حذف بعضی از متغیرها شدند و در نهایت میزان مصرف برق را تابعی از قیمت متوسط برق خانگی، قیمت متوسط گاز طبیعی خانگی، متوسط درجه حرارت، کل درآمدهای قابل تصرف و جمعیت معرفی نمودند. در نهایت نشان دادند تغییرات درآمد و قیمت برق تأثیر زیادی بر میزان مصرف برق ندارد؛ اما متغیر جمعیت عامل مهمی در تأثیرگذاری بر کل مصرف برق است.

«التونی و محمد یوسف»^۲ (۱۹۹۳) به تخمین توابع تقاضای برق کشورهای شورای همکاری خلیج فارس^۳ برای دوره زمانی (۱۹۷۵ - ۱۹۸۹) پرداختند و تقاضای برق را تابعی از درآمد سرانه حقیقی، قیمت واقعی گاز و مصرف سرانه برق خانگی با یک دوره تأخیر تعریف کردند. در این تخمین با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی کششها محاسبه شد که نشان از بی‌کشش بودن تقاضای برق نسبت به قیمت آن و درآمد در کوتاه‌مدت و بلندمدت بوده است که ناشی از یارانه دولت تشخیص داده شده است.

1- Ang.

2 - Eltony and Mohammad yousuf.

^۱ - بحرین، کویت، عمان، قطر، عربستان و امارات عربی متحده.

«بینتزن و تام انگستد^۱» (۱۹۹۳) تابع تقاضای انرژی را در کشور دانمارک با توجه به داده‌های سالهای ۱۹۴۸ تا ۱۹۹۰ برآورد کردند. در الگوی برآورد شده مصرف انرژی به‌عنوان متغیر وابسته و قیمت واقعی انرژی و درآمد واقعی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌اند. این دو محقق جهت تخمین تقاضای انرژی از روش همگرایی یکسان و الگوی تصحیح خطا استفاده کردند. نتایج نشان داد: تقاضای انرژی در دانمارک در بلندمدت نسبت به تغییرات درآمد با کشش ولی نسبت به تغییرات قیمت انرژی بی‌کشش است. ضرایب مدل تصحیح خطا بیانگر بی‌کشش بودن تقاضای انرژی نسبت به تغییرات قیمت و درآمد در کوتاه‌مدت است، اما ضریب کشش درآمدی از کشش قیمتی بیشتر است.

«آرسنال، برنارد و لاپلانت^۲» (۱۹۹۵) تابع تقاضای انرژی بخش خانگی ایالت کبک^۳ کانادا را طی سالهای ۱۹۶۲ تا ۱۹۹۰ با روش OLS برآورد کردند. در الگوی به‌کار رفته مصرف انرژی تابعی از قیمت واقعی انرژی، درآمد قابل تصرف واقعی خانوارها، متوسط درجه حرارت روزانه معرفی شده است. نتایج تحقیقات مؤید این مطلب است که تقاضای انرژی در بخش خانگی در کوتاه‌مدت و بلندمدت نسبت به قیمت انرژی بی‌کشش و ضریب کشش قیمتی در کوتاه‌مدت کمتر از مقدار متناظر آن در بلندمدت است.

«التونی و اسراول^۴» (۱۹۹۶) با استفاده از داده‌های سالهای ۱۹۷۵ - ۱۹۹۴ تابع تقاضای برق کویت در بخش خانگی را به‌دست آوردند و آن را تابعی از قیمت برق در بخش خانگی و تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی معرفی کردند.

«سیلک و جوتز^۵» (۱۹۹۷) تقاضای برق را در آمریکا با توجه به داده‌های سالهای ۱۹۴۳ تا ۱۹۹۳ مورد بررسی قرار دادند و میزان تقاضای برق خانگی را تابعی از

1 - Bentzen and Engsted.

2 - Arsenault, Bernard and laplante.

3 - Quebec.

4 - Eltony and Asrual.

5 - Silk and Jutz.

قیمت واقعی برق، متوسط دمای روزانه، نرخ بهره، قیمت واقعی نفت و درآمد قابل تصرف به دست آوردند. تکنیک مورد استفاده آنان روش همگرایی یکسان و مدل تصحیح خطا بود. نتایج نشان داد که تقاضای برق خانگی در آمریکا نسبت به هر دو متغیر درآمد واقعی و قیمت واقعی برق در کوتاه مدت و بلندمدت، بی کشش و ضریب کشش درآمدی از قیمتی بزرگتر بوده است. کشش تقاضای برق خانگی نسبت به سایر متغیرهای توضیحی از جمله قیمت واقعی نفت کوره و نرخ بهره در حد بسیار پایینی قرار دارد.

«هاس و شیپر^۱» (۱۹۹۸) تقاضای انرژی در بخش خانگی را برای کشورهای عضو شورای همکاری‌های اقتصادی و توسعه برآورد کردند و آنرا تابعی از قیمت انرژی (میانگین وزنی قیمت چهار حامل انرژی برق، فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و زغال سنگ)، درآمد قابل تصرف واقعی، درجه حرارت روزانه مصرف انرژی با یک وقفه زمانی نشان دادند. نتایج نشان می‌دهد کششهای قیمتی و درآمدی در بلندمدت از مقدار متناظر خود در کوتاه مدت بزرگترند. کششهای درآمدی و قیمتی در کوتاه مدت و بلندمدت کوچکتر از واحد می‌باشند (به استثنای کشش درآمدی بلندمدت برای ژاپن و استرالیا).

«میلر^۲» (۲۰۰۱) تقاضای بلندمدت برق در آمریکا را برای ۴۸ ایالت در دوره زمانی ۱۹۹۰-۱۹۹۹ تخمین زده است. نتایج نشان می‌دهد کشش قیمتی در مدل برآوردی ۰/۳۷- می‌باشد که بیانگر ضروری بودن کالای برق است یا اینکه سطح مخارج برق خانگی نسبت به کل درآمد خانوارها از اهمیت چندانی برخوردار نیست. داده‌ها شامل ۴۸ داده مقطعی در طی ۱۰ سال است. وی مصرف سالانه برق هر مشترک را تابعی از متوسط قیمت واقعی برق خانگی، میانگین درآمد واقعی، متوسط قیمت واقعی گاز طبیعی، شاخص قیمت‌های واقعی عمده فروشی برق، جمعیت، درصد شهرنشینی، درصد واحدهای مسکونی شخصی، میانگین اندازه خانوارها و زمان

1 - Huas and Schipper.

2 - Miller.

معرفی می‌کند. کشش قیمتی تقریباً برابر واحد و کشش درآمدی و متقاطع به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۳ به دست آمدند و برق به عنوان یک کالای نرمال معرفی شد.

«اتستول^۱» (۲۰۰۲) داده‌های سالهای ۱۹۷۰ - ۱۹۹۹ نروژ را در تخمین یک مدل تصحیح خطای خطی برای تقاضای برق خانگی به کار برده است. در تابع تقاضای بلندمدت برق خانگی متغیرهای مستقل عبارتند از: قیمت واقعی برق، قیمت واقعی نفت و مخارج مصرفی واقعی خانوار. منفی بودن ضریب قیمت نفت در تابع برآوردی به این معنی است که حتی اگر قیمت نفت در بلندمدت پایین آید، مصرف برق همچنان به افزایش خود ادامه خواهد داد. کشش قیمتی، درآمدی و متقاطع به دست آمده به ترتیب عبارتند از ۰/۰۱- و ۱/۱۹ و ۰/۲۷- که بیانگر کم کشش بودن تقاضای برق نسبت به قیمت و با کشش بودن نسبت به درآمد است.

«اندرسن و دامسگارد^۲» (۲۰۰۲) تقاضای برق خانگی سوئد را با استفاده از داده‌های مقطعی ۱۵۰۰ خانوار در سال ۱۹۹۷ برآورد کردند. در این تحقیق تأثیر متغیرهای زیادی بر میزان مصرف برق بررسی شد. تعداد وسایل برقی، قیمت برق، درآمد خانوار، نوع سیستم گرمایش از متغیرهای تأثیرگذار بوده‌اند، داده‌ها براساس نوع خانوار به چهار گروه الف، خانه‌های چند خانواری؛ ب، خانه‌های یک خانواری بدون سیستم گرمایش برقی؛ ج، خانه‌های یک خانواری با سیستم گرمایش ترکیبی (برقی و غیر برقی)؛ د، خانه‌های یک خانواری با سیستم گرمایشی برقی تقسیم شدند. کششهای تخمینی به شرح زیر به دست آمده است:

کشش درآمدی مستقیم	کشش قیمتی مستقیم	کشش درآمدی کلی	کشش قیمتی کلی	نوع خانوار
۰/۰۴ - ۰/۱۱	* ۱/۷۰ - ۰/۶۶	۰/۱	- ۰/۷۱	چند خانوار

1 - Ettestol.

2 - Anderson and Damsgaard.

تک‌خانوار بدون سیستم گرم‌کننده برقی	-۱/۰۲	۰/۷	-۰/۹* - -۰/۶۹*	۰/۲۴* - -۰/۱۵*
تک‌خانوار با سیستم گرم‌کننده ترکیبی	-۱/۹۶	۰/۱۹	-۱/۴۱* - -۲/۰۶*	۰/۰۸ - ۰/۰۴
تک‌خانوار با سیستم گرم‌کننده برقی	-۰/۴۵	۰/۲۵	-۰/۳۲* - -۰/۴۵*	۰/۰۵ - ۰/۱۴*

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد

۲-۲. ادبیات داخلی

اولین مطالعه در زمینه انرژی در ایران توسط مؤسسه تحقیقاتی استانفورد در اواخر دهه ۴۰ شمسی صورت گرفت و گزارش نهایی در سال ۱۳۵۶ تهیه و ارائه شد. در این پژوهش کشش قیمتی تقاضای برق در بخش خانگی بین ۲- تا ۰/۱۴- پیش‌بینی شده است. در این مطالعه هفت سناریوی مختلف برای تقاضای انرژی تنظیم شده است که یکی از آنها اصلی است و براساس محتمل‌ترین نرخ رشد اقتصادی بنا شده است. در پژوهش مذکور به علت محدودیت آمارها امکان استفاده از برخی متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف برق در مدل مقدور نبوده است. پیش‌بینی تقاضای انرژی براساس شواهد تجربی (آماری) با تأکید بر متغیرهای کلان اقتصادی، جمعیتی، تولیدات صنایع و قیمت ارائه شده است.

«فخرایی» (۱۳۷۱) با استفاده از داده‌های سری زمانی ۱۳۴۷-۱۳۶۸ مدل برق خانگی را برآورد نمود و میزان مصرف برق خانگی را تابعی از قیمت برق، درصد جمعیت شهرنشینی و تولید سرانه ناخالص داخلی به‌دست آورد. در این تحقیق میزان مصرف برق نسبت به قیمت برق بی‌کشش گزارش شد.

«حسینی نژادیان کوشکی» (۱۳۷۲) تابع تقاضای برق خانگی را برای دو منطقه غربی و مرکزی و تلفیقی دو منطقه، در شهر اصفهان به‌دست آورد. در مدل‌های تخمینی میزان مصرف برق تابعی از قیمت متوسط برق، بودجه خانوار و مساحت زیربنا به مترمربع می‌باشد. در هر سه مدل برآورد شده میزان مصرف برق نسبت به قیمت برق و درآمد خانوار بی‌کشش است (هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت) و

فقط کشتش در آمدی در بلندمدت در منطقه غربی برابر ۰/۸۹ به دست آمده که باز هم از واحد کوچکتر است.

«فتح‌الزاده اقدام» (۱۳۷۲) تقاضای برق در بخش خانگی در ایران را تابعی از هزینه سرانه واقعی خانوارهای کشور، قیمت واقعی برق، قیمت واقعی حامل انرژی جانشین برق (گازوئیل و نفت) و مصرف سرانه با یک دوره تأخیر در نظر گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که تقاضای برق در بخش خانگی به تغییرات هر دو عامل قیمت و درآمد بی‌کشتش است و هموار کشتش درآمدی از کشتش قیمتی بزرگتر می‌باشد.

«کاظمی» (۱۳۷۴) با استفاده از روش OLS مدل برآوردی جهت مصرف سرانه برق خانگی در ایران را تابعی از هزینه سرانه واقعی خانوار کشور، قیمت واقعی برق خانگی، قیمت واقعی حامل انرژی جانشین برق (گازوئیل و نفت) و مصرف سرانه برق خانگی در دوره قبل به دست آورده است. نفت سفید خانگی به عنوان جانشین برق در نظر گرفته شده است که جانشین خوبی نبوده است. بنابراین از گازوئیل به عنوان نماینده‌ای برای سوختهای فسیلی جانشین برق در بخش خانگی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد تقاضای برق در بخش خانگی نسبت به قیمت برق و درآمد بی‌کشتش می‌باشد.

«قدس» (۱۳۷۵) تابع تقاضای انرژی در بخش خانگی را تابعی از میانگین واقعی انرژی، درآمد قابل تصرف و مصرف کل انرژی در دوره قبل به دست آورد. نتایج بیانگر بی‌کشتش بودن میزان مصرف انرژی نسبت به قیمت انرژی در کوتاه‌مدت و بلندمدت و درآمد در کوتاه‌مدت و با کشتش بودن نسبت به درآمد در بلندمدت است.

«تبریزیان» (۱۳۷۵) در تخمین تقاضای برق مصرفی خانوار در ایران با توجه به سری زمانی ۱۳۵۴-۱۳۷۳ مدلی را تخمین زد که در آن مصرف برق خانگی سرانه کشور تابعی از تولید ناخالص داخلی سرانه، قیمت برق خانگی، قیمت گاز خانگی و مصرف برق سرانه با یک دوره تأخیر به دست آمده و ذکر شده است که به دلیل استفاده از گاز در گرمایش و استفاده از برق در موارد روشنایی و سرمایش، گاز

نمی‌تواند جانشین خوبی باشد. در این تحقیق میزان مصرف سرانه برق نسبت به متغیر قیمت در کوتاه‌مدت بی‌کشش و در بلندمدت کشش‌پذیر است.

«مصلی‌پور» (۱۳۷۶) عوامل مؤثر بر تقاضای برق در استان خراسان را قیمت واقعی برق، جمعیت کل استان، هزینه‌های مصرفی خانوارها می‌داند. در مدل تخمینی کشش قیمتی و درآمدی از واحد کوچکتر بوده‌اند که بیانگر بی‌کشش بودن کالای برق نسبت به قیمت و درآمد در کوتاه‌مدت می‌باشد.

«صادقی» (۱۳۷۶) تقاضای برق را برای دوره زمانی ۱۳۵۳-۱۳۷۴ تابعی از قیمت واقعی برق، تولید ناخالص سرانه و مصرف سرانه برق با یک دوره تأخیر به‌دست آورده است. نتایج بیانگر بی‌کشش بودن میزان تقاضا نسبت به قیمت در کوتاه‌مدت می‌باشد. در بلندمدت کشش قیمتی تقریباً برابر ۰/۹ به‌دست آمده است که باز هم کمتر از واحد است که بیانگر بی‌کشش بودن میزان تقاضا نسبت به قیمت در بلندمدت می‌باشد.

«هادیان» (۱۳۷۶) تابع تقاضای برق خانگی در استان همدان را تابعی از قیمت متوسط واقعی برق، کل هزینه‌های خوراکی و تعداد خانوار می‌داند. دوره مطالعه وی ۱۳۵۳-۱۳۷۳ و روش تخمین OLS می‌باشد. نتایج حاکی از بی‌کشش بودن تقاضا نسبت به قیمت در کوتاه‌مدت و کشش‌پذیر بودن نسبت به درآمد در کوتاه‌مدت و بلندمدت و نسبت به قیمت در بلندمدت است.

«توکلی و بحرینی» (۱۳۷۷) تقاضای برق در استان اصفهان را برآورد نموده‌اند. دوره زمانی ۱۳۶۲-۱۳۶۹ می‌باشد و اطلاعات آماری آنان تلفیقی از سری زمانی و مقطع عرضی طی دوره یاد شده می‌باشد. تکنیک مورد استفاده روش حداقل مربعات عمومی (GLS)^۱ می‌باشد. نتایج نشان‌دهنده بی‌کشش بودن تابع تقاضای برق نسبت به تغییرات قیمت برق و درآمد خانوار می‌باشد. همچنین کشش درآمدی تقاضای برق از کشش قیمتی آن بزرگتر است.

«زمانی» (۱۳۷۷) تقاضای برق خانگی در استان لرستان را با توجه به داده‌های

1 - Generalized Least Squares.

مربوط به سری زمانی ۱۳۵۶-۱۳۷۵ و با به‌کارگیری تکنیک OLS تخمین زده است. ولی میزان تقاضای سرانه برق خانگی را تابعی از قیمت متوسط برق، نسبت سهم مصرف فرآورده‌های نفتی به سهم مصرف برق، درآمد خانوار و مصرف سرانه برق با یک دوره تأخیر به‌دست آورده است. نتایج نشان می‌دهد تقاضای برق نسبت به تغییرات قیمت و درآمد بی‌کشش است.

«صفارپور اصفهانی» (۱۳۷۸) مصرف سرانه برق در بخش خانگی را تابعی از متوسط قیمت واقعی برق در بخش خانگی، محصول ناخالص داخلی سرانه و تقاضای سرانه برق در بخش خانگی با یک دوره تأخیر می‌داند. نتایج حاکی از این است که تقاضای برق خانگی در ایران نسبت به تغییرات درآمد و قیمت کم‌کشش است؛ اما این کششها در بلندمدت تقریباً برابر مقدار آن در کوتاه‌مدت است و کشش درآمدی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت بزرگتر از کشش قیمتی است.

«امامی میبیدی» (۱۳۷۸) با روش تصحیح خطای انگل و گرنجر تقاضای سرانه برق خانوار در ایران را تابعی از درآمد سرانه واقعی و متوسط قیمت واقعی برق برای بخش خانگی می‌داند. در تحقیق وی کشش درآمدی کوچکتر از کشش قیمتی و هر دو کوچکتر از واحد به‌دست آمده‌اند.

«عطاری» (۱۳۷۹) مصرف انرژی در بخش خانگی را تابعی از قیمت انرژی و درآمد قابل تصرف می‌داند. نتایج حاکی از آن است که تقاضای انرژی نسبت به تغییرات متغیرهای توضیحی بی‌کشش است، ولی میزان کشش قیمتی آن از لحاظ قدرمطلق کوچکتر از مقدار کشش درآمدی است و بعد از انقلاب اسلامی مقدار کشش قیمتی و درآمدی تقاضای انرژی افزایش یافته است.

«پژویان» (۱۳۷۹) مقدار تقاضای برق کشور را تابعی از قیمت واقعی برق، قیمت انرژی جانشین (متوسط وزنی قیمت نفت سفید، گازوئیل، نفت کوره، گاز مایع و...) و تولید ناخالص داخلی می‌داند. در این تحقیق کشش قیمتی کوچکتر از واحد و کشش درآمدی بزرگتر از واحد به‌دست آمده است.

«عسکری» (۱۳۷۹) تقاضای برق در بخش خانگی را تابعی از قیمت برق خانگی،

قیمت واقعی سوختهای جایگزین، مجذور قیمت واقعی برق، کل هزینه‌های واقعی خانوار و مصرف برق خانگی در دوره قبل لحاظ نموده و با استفاده از روش GLS و داده‌های تلفیقی ۱۶ شرکت برق منطقه‌ای در طول ۵ سال (۱۳۷۴-۱۳۷۸) مطالعه خود را انجام داده است. نتایج نشان می‌دهد که تقاضای برق از نظر قیمتی کشش‌پذیر ولی از نظر درآمدی بی‌کشش است. در این تحقیق از خوزستان به‌عنوان یکی از استانهای دارای کشش قیمتی بالا (۱/۰۲) نام برده شده است. در مجموع استانهای گرمسیر دارای کشش قیمتی بالاتری هستند.

نکته قابل توجه در این مقاله استفاده از متغیر کیفیت برق به‌عنوان متغیر توضیحی است که به‌دلیل ناشناخته بودن شکل تابعی آن از متغیری که از مقایسه میزان خاموشی برق در شبکه با مقدار برقی که در صورت خاموش نشدن عرضه می‌شد به‌دست می‌آید. در واقعی نرخ خاموشی، به‌عنوان یک متغیر برای این منظور استفاده شده است.

۳. مبانی نظری روش‌شناسی

مبانی نظری الگوی فوق‌مبتنی بر تجزیه و تحلیل رفتار مصرف‌کننده در اقتصاد خرد است. از این طریق می‌توان افزون بر تخمین تقاضای برق خانگی به پارامترهای کشش قیمتی، درآمدی و متقاطع تقاضا نیز دست یافت. مطابق نظریه رفتار مصرف‌کننده، فرد تابع مطلوبیت خود را که متشکل از کالاهای مختلف می‌باشد تحت محدودیت بودجه‌ای خود به حداکثر می‌رساند:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & U = \rho(X_1, X_2, \dots, X_n) \\ \text{S.T.} \quad & \sum P_i X_i \leq B \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

که در این مدل X_i میزان مصرف کالاهای مختلف در دوره زمانی مشخص، P_i قیمت این کالاها و B درآمد مصرفی فرد مصرف‌کننده است. چنانچه با قواعد متداول ریاضی (لاگرانژ و نظیر آن) بیشینه‌سازی کنیم، توابع تقاضا برای هر یک از کالاها، که یکی از آنها می‌تواند برق خانگی باشد به‌دست می‌آید.

$$X_e = X_e(P_e, P_G, P_{iN}, B)$$

در این مدل X_e تقاضای برق خانگی؛ P_e قیمت برق خانگی؛ P_G قیمت گاز یا قیمت هر کالای جانشین؛ P_{iV} شاخص قیمت متوسط سایر کالاها و B درآمد یا بودجه خانوار است.

در مطالعات شبیه‌سازی خرد برای برآورد تقاضای برق خانوارها کوشش‌هایی به‌عمل آمده است تا مدلی برای تقاضای لوازم برقی خانگی و تقاضای برق توسط این لوازم به‌دست آید (دوبین و مک‌فادن^۱، ۱۹۸۴). این تقاضا را «تقاضای مشتق شده^۲» می‌گویند.

اگر همچنان که تئوری مصرف‌کننده پیشنهاد می‌کند، تقاضا برای کالاهای مصرفی با دوام (برقی یا سایر منابع انرژی) و کاربردهای آن به تصمیمات مصرف‌کنندگان بستگی داشته باشد، مطالعاتی که این واقعیت را نادیده می‌گیرند به تورش و ناسازگاری تخمینهای کششهای قیمتی و درآمدی برق منجر خواهند شد.

وقتی خانوارها مصرف لوازم برقی خود را عقلانی می‌سازند، عکس‌العمل کوتاه‌مدت و بلندمدت نسبت به تغییرات قیمت، ممکن است به‌طور چشم‌گیری متفاوت باشد؛ بنابراین مدلی برای تقاضای لوازم برقی و تقاضای برق به‌طورمشترک با نام UEC^۳ (مصرف برق واحد) ایجاد شده است. تجزیه و تحلیل اقتصادی تقاضا برای مصرف‌کنندگان کالاهای با دوام (لوازم برقی) نشان می‌دهد که چنین تقاضایی ناشی از جریان خدمات ارائه شده به صاحبان این کالاهای بادوام است (مثل ایجاد خنکی کولرهای گازی). مطلوبیت این‌گونه کالاها بهترین مشخصه مطلوبیت غیرمستقیم است. کالاهای بادوام ممکن است از نظر ظرفیت (شدت کاربرد)، کارایی، قابلیت تغییر و قیمت متفاوت باشند.

اگرچه این‌گونه کالاها متفاوتند؛ اما مصرف‌کنندگان نهایتاً کالای مزبور را در سطحی مصرف می‌کنند که خدمات مورد لزوم را برای وی فراهم سازد. در کنار این کاربرد، هزینه سوخت مصرفی این کالاها نیز مورد توجه است و مسئله بهینه‌یابی در

1 - Mcfadden, Dubin.

2 - Drived demand.

3 - Unit Electricity Consumption.

این مرحله تا حدی پیچیده است.

براساس تئوری مصرف‌کننده باید وزنی به تناسب هریک از وسایل با دوام، با توجه به انتظارات مصرف و قیمت انرژی در آینده و تصمیمات مالی جاری اعمال نماید. مدل‌های اقتصادسنجی متعددی وجود دارد که با حداکثر کردن مطلوبیت سازگار است و می‌توان آنها را جهت انتخاب ترکیب مناسبی از وسایل مزبور و مصرف برق استفاده نمود. مصرف‌کننده برای خرید لوازم خانگی، جایگزینی و از دور خارج کردن آنها براساس سرمایه زندگی و هزینه عملیاتی دارایی‌ها تصمیم می‌گیرد. اولین مسئله اقتصادسنجی در تجزیه و تحلیل انتخاب لوازم خانگی برقی این است که اجزای هزینه‌های لوازم مزبور در چرخه زندگی معمولاً قابل مشاهده نیستند. دومین مشکل این است که قیمت‌های موقت انرژی ممکن است شاخص کم اهمیتی در هزینه‌های عملیاتی مورد انتظار خانوار محسوب شود. سومین و اساس‌ترین مشکل، تجزیه و تحلیل تصمیمات در مورد انتخاب این‌گونه وسایل در مسئله عرضه و تقاضای آنهاست. برای این‌گونه بررسی‌ها باید به مطالعه «دوبین» (۱۹۸۲) مراجعه شود.

در تحلیل حاضر، برق به‌مثابه کالایی که در هر زمان و با هر مقدار در یک قیمت ثابت وجود دارد، تلقی می‌شود. همچنین تصمیمات در مورد نگهداری لوازم خانگی به‌نحوی است که بازار اجاره‌ای رقابتی کامل برای این‌گونه وسایل در مقابل مالکیت فردی آنها وجود دارد.

مصرف‌کننده با m کالای خانگی مستقل و قابل استهلاک روبه‌روست که با شاخص $i = 1, 2, \dots, m$ نشان داده می‌شوند و مالکیت کالای i دارای قیمت اجاره‌ای یا هزینه نهایی r_i می‌باشد. با معین بودن دارایی i مصرف‌کننده دارای یک تابع مطلوبیت غیرمستقیم شرطی است:

$$u = V(i, y - r_i, p_1, p_2, s_i, \varepsilon_i, \eta) \quad (1)$$

که p_1 قیمت برق؛ p_2 قیمت انرژی جانشین؛ y درآمد؛ s_i خصوصیات قابل مشاهده دارایی i ؛ ε_i خصوصیات غیرقابل مشاهده دارایی i ؛ r_i قیمت دارایی i و η

خصوصیات غیرقابل مشاهده مصرف‌کننده می‌باشد. (تمام قیمت‌ها و درآمدها به قیمت واقعی بیان شده‌اند).

میزان مصرف برق و مصرف انرژی جانشین کالای i با «اتحاد ری^۱» به صورت زیر بیان شده‌اند:

$$x_1 = \frac{-\partial V(i, y - r_i, p_1, p_2, s_i, \varepsilon_i, \eta) / \partial p_1}{\partial V(i, y - r_i, p_1, p_2, s_i, \varepsilon_i, \eta) / \partial y} \quad (2)$$

$$x_2 = \frac{-\partial V(i, y - r_i, p_1, p_2, s_i, \varepsilon_i, \eta) / \partial p_2}{\partial V(i, y - r_i, p_1, p_2, s_i, \varepsilon_i, \eta) / \partial y} \quad (3)$$

احتمال اینکه وسیله خانگی i انتخاب شود با رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$\{(\varepsilon_j, \dots, \varepsilon_m, \eta) : V(i, y - r_i, p_1, p_2, s_i, \varepsilon_i, \eta) > V(j, y - r_j, p_1, p_2, s_j, \varepsilon_j, \eta) \text{ for } j \neq i\} \quad (4)$$

$$P_i = \text{Prob}$$

هر تابع V (با خصوصیتی که برای یک تابع مطلوبیت غیرمستقیم مورد نیاز است) را می‌توان برای ایجاد مدل‌های اقتصادسنجی برای انتخاب‌های توأمان (پیوسته / مجزا)^۲ به کار برد.

روش دوم فراهم کردن سیستم تقاضای پیوسته این است که پارامترهای معادله UEC را مشخص کنیم و با اتحاد ری به مثابه یک معادله مشتق جزئی که جواب‌هایش تابع مطلوبیت شرطی غیرمستقیم را تعریف می‌کند، رفتار نماییم. سپس احتمالات انتخاب مجزا از تابع مطلوبیت غیرمستقیم را تعریف نماییم. این رویه می‌تواند برای توابعی که در آنها سطح UEC برخی کشش‌های درآمدی را نمایش می‌دهد انجام شود. ابتدا سیستم‌هایی را ملاحظه کنید که در آنها معادله UEC از نظر درآمد خطی است.

$$x_i = \beta_i (y - r_i) + m^i (p_1, p_2) + \vartheta_{i_i} \quad (5)$$

m بر حسب پارامترها خطی است و توزیع ϑ_{i_i} به طور کلی بستگی به انتخاب مجزای i دارد. تابع مطلوبیت غیرمستقیم این معادله تقاضا به صورت زیر است:

1 - Roy's identity .

2 - Discrete/Continuous.

$$U = \psi([M^i(p_1, p_2) + y - r_i + v_{2i} / \beta_i] e^{-\beta_i p_1}, p_2, v_{2i}) \quad (6)$$

که در آن :

$$M^i(p_1, p_2) = \int_{p_1}^0 m^i(t, p_2) e^{\beta_i (p_1 - t)} dt \quad (7)$$

ψ نسبت به اولین آرگومان خود فزاینده است. تقاضا برای انرژی جانشین از رابطه زیر به دست می آید:

$$x_2 = -M_2^i(p_1, p_2) - e^{-\beta_i p_1} \psi_2 / \psi_1 \quad (8)$$

که در آن :

$$M_2^i = \frac{\partial M_i}{\partial p_2}, \quad \psi_2 / \psi_1 = \frac{(\partial \psi / \partial p_2)}{(\partial \psi / \partial p_1)}$$

که براساس آرگومانهای معادله (6) ارزیابی می شوند. از معادلات فوق برحسب اینکه در حالتی خاصی $v_{2i} = v_{2j}$ برای تمام i ها باشد و با $\beta_i = \beta$ و زمانی که $v_{2i} = \eta$ تابع UEC خواهد بود :

$$x_1 = \alpha_o^i + \alpha_1^i p_1 + \alpha_2^i p_2 + \beta (y - r_i) + v_{2i} \quad (9)$$

و احتمال انتخاب هر واحد لوازم خانگی برابر خواهد بود با :

$$P_i = \text{Prob} (v_{2j} - v_{2i} < w_i - w_j \text{ for } j \neq i) \quad (10)$$

که در آن :

$$w_i = V_i e^{-\beta p_1} = (\alpha_o^i + \frac{\alpha_1^i}{\beta} + \alpha_1^i p_1 + \alpha_2^i p_2 - \beta r_i) e^{-\beta p_1} \quad (11)$$

«هوتاکر^۱» (۱۹۵۱) و «مکفادن، کریشنر، پیوج^۲» (۱۹۷۸) با روش فوق معادله UEC را تخمین زده اند. در معادله های ۹ تا ۱۱ اصطلاحاتی برای جای دادن تغییر آب و هوا، خصوصیات خانوار و رویه های آماری برای کاربرد وسیله ای چون کولر جای داده شده است. اصولاً تقاضای برق خانگی به انتخاب فضا و سیستم سوخت و مالکیت لوازم برقی نظیر کولر، ماشین لباسشویی و تلویزیون رنگی و شدت کاربرد

1 - Houthaker.

2 - Mcfadden, kirschner and Puig.

این وسایل بستگی دارد. با توجه به مدل فوق و ساده‌سازی فرضیات، فرض می‌کنیم تابع مطلوبیت مصرف برق خانگی به صورت زیر باشد:

$$V = V(F, TE)$$

$$TE = \rho(E, G) \quad \text{به طوری که:}$$

$$Y = P_F \cdot F + P_E \cdot E + P_G \cdot G \quad \text{به محدودیت بودجه:}$$

در این مدل F مقادیر مصرف کالاها و خدمات به جز انرژی؛ TE مقادیر کل خدمات انرژی مصرف شده شامل خدمات انرژی برق (E) و خدمات انرژی جایگزین (G)؛ Y مقدار درآمد؛ P_E قیمت واقعی خدمات انرژی برق؛ P_F قیمت خدمات به جز انرژی و P_G قیمت خدمات انرژی جایگزین است. با لاگرانژی داریم:

$$\text{Max: } L = V[F, \rho(E, G)] + \mu(Y - P_F F - P_E E - P_G G)$$

با حداکثر سازی داریم:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial F}\right) / P_F = \left[\left(\frac{\partial V}{\partial TE}\right)\left(\frac{\partial TE}{\partial G}\right)\right] / P_G$$

$$\left(\frac{\partial TE}{\partial G}\right)\left(\frac{\partial TE}{\partial E}\right) = \frac{P_G}{P_E}$$

اگر شکل تابع مطلوبیت برای مصرف‌کننده به صورت کاب - داگلاس باشد:

$$V = F^{\lambda_1} TE^{\lambda_2}$$

$$TE = e^{G^{\eta_1} E^{\eta_2}}$$

فرض می‌کنیم $\lambda_1, \lambda_2, \eta_1, \eta_2$ پارمترهای تعیین‌کننده در تابع مطلوبیت باشند. در واقع λ_1 درصد تغییر مطلوبیت نسبت به درصد تغییر کالاهای غیر انرژی و λ_2 کشش مطلوبیت نسبت به انرژی مصرفی است. پارمترهای η_1, η_2 همین تعبیر را با شکل لگاریتمی دارند زیرا:

$$\ln TE = G^{\eta_1} E^{\eta_2}$$

$$\text{Max: } V = F^{\lambda_1} TE^{\lambda_2}$$

$$\text{s.t. } TE = e^{G^{\eta_1} E^{\eta_2}}$$

با لاگرانژی خواهیم داشت:

$$Max : L = (F^{\lambda_2} e^{\lambda_1 G^{\eta_1} E^{\eta_2}}) + \mu(Y - P_F.F - P_E.E - P_G.G)$$

با مشتق‌گیری از تابع بالا برحسب متغیرهای درون‌زای F ، G و E تابع تقاضای خدمات انرژی (خدمات برق از طریق مصرف‌کننده و تولیدکننده) به صورت زیر خواهد بود:

$$E = NP_G^{t_1} P_E^{t_2} Y^{t_3}$$

تابع فوق مبین تقاضای خدمات به دست آمده از وسایل و لوازم برقی می‌باشد، که شکل ساده شده‌ای از مدل «مک‌فادن»^۱ (۱۹۸۴) تلقی می‌شود. خدمات برق بستگی به میزان برق مصرفی (برحسب کیلووات ساعت) و نیز میزان عرضه برق دارد. هر کیلووات ساعت برق عرضه شده توسط سازمان در بخش خانگی به اندازه قیمت آن (P_E) ارزش خدمات ایجاد می‌کند. رفتار عقلانی مصرف‌کننده حکم می‌کند که ارزش خدماتی هر کیلووات ساعت برق مساوی قیمت عرضه آن باشد. چون قیمت برق خانگی ارزان‌تر از قیمت واقعی (پژویان و...، ۱۳۷۹) آن برای مصرف‌کننده است. در واقع تبدیل برق عرضه شده به خدمات انرژی بستگی به وسایلی دارد که انرژی را مصرف می‌کنند و تبدیل به خدمات می‌نمایند. ارزش این خدمات وقتی بهینه است که منطبق با حداکثرسازی مطلوبیت مصرف‌کننده باشد و مقدار آن در این فرآیند همان E خواهد بود و $P_E \times E$ ارزش خدماتی است که از مصرف لوازم برقی به دست می‌آید.

با توجه به مدل‌های فوق تابع تقاضای برق خانگی را می‌توان تابعی از قیمت برق، قیمت واقعی سوخت‌های جایگزین (که این متغیر در مورد استان خوزستان ضعیف است)، درآمد واقعی خانوار و مقدار برق مصرفی در دوره قبل دانست. عوامل غیر اقتصادی نظیر جمعیت، شرایط آب و هوایی و... نیز می‌تواند در مدل وارد شود (میلر^۲، ۲۰۰۱).

1 - Mcfadden.

2 - Miller.

۴. تصریح مدل تقاضا

در اینجا برای نشان دادن تأثیر متغیر مجازی (سالهای جنگ) دو تا از بهترین مدلها از میان کل مدلهای تخمین زده شده ارائه شده‌اند:

$$LCOR = \beta_1.LRI + \beta_2.LRE + \beta_3.LRPG + u$$

$$LCOR = \alpha_1.LRI + \alpha_2.LRE + \alpha_3.LCO(-1) + u$$

LCOR لگاریتم مصرف کل برق خانگی در استان خوزستان (هزار کیلووات ساعت)؛ LRI لگاریتم درآمد سرانه واقعی خانوار خوزستانی (ریال) که درآمد سرانه واقعی خانوار خوزستانی با توجه به رابطه زیر به دست آمده است:

$$\left(\text{نرخ روستانشینی} \times \text{درآمد سرانه خانوار روستایی} \right) + \left(\text{نرخ شهرنشینی} \times \text{درآمد سرانه خانوار شهری} \right) \\ \text{شاخص کل بهای کالاها و خدمات مصرفی (CPI)}$$

LRPER لگاریتم قیمت متوسط واقعی هر کیلووات ساعت برق خانگی (ریال) و LRPGR لگاریتم قیمت واقعی هر متر مکعب گاز طبیعی (ریال).

۵. برآورد تابع تقاضای برق خانگی در استان خوزستان

از میان مدلهای بسیاری که برای تقاضای برق به دست آمده است، دو مدل با توجه به میزان توضیح‌دهندگی، معنی‌دار بودن ضرایب و وضعیت مدلها در زمینه سازگاری با فروض کلاسیک به‌عنوان بهترین به شرح زیر معرفی می‌شوند:

$$LCOR = 1/22LRI - 0/97LRPRE - 0/85LRPRG - 0/29D_2 + 0/98MA(1)$$

$$t : (28/56) \quad (-4/16) \quad (-5/78) \quad (-2/18) \quad (755/12) \quad (1)$$

$$R^2 = 0/91 \quad \bar{R}^2 = 0/89 \quad F = 51/25 \quad D.W = 2/1$$

و

$$LCOR = 0/49LRI - 0/45LRPER + 0/56LCOR(-1) - 0/24D_1$$

$$t : (2/40) \quad (-1/80) \quad (3/14) \quad (-1/76) \quad (2)$$

$$R^2 = 0/90 \quad \bar{R}^2 = 0/88 \quad F = 60/65$$

D_1 متغیر مجازی مربوط به سالهای انقلاب و جنگ (۶۷ - ۵۷) و D_2 متغیر مجازی

مربوط به سالهای جنگ (۶۷ - ۵۹) می باشد. لازم به ذکر است «آزمون ریشه واحد دیکی فولر» جهت بررسی مانا بودن سری های زمانی انجام شده است و نتایج در جداول ۱ تا ۴ پیوست موجود می باشد. نتایج حاکی از همگرایی و درجه یک بودن سری ها دارد.

با توجه به \bar{R}^2 بالاتر و معنی دارتر بودن ضرایب مدل شماره ۱ نسبت به شماره ۲، همچنین در برداشتن متغیر قیمت کالای جانشین، مدل شماره یک به عنوان تابع تقاضای برق خانگی استان خوزستان معرفی می شود. کششهای دو مدل در جدول زیر مقایسه قرار شده اند:

شماره مدل	کشش درآمدی		کشش قیمتی	
	کوتاه مدت	بلند مدت	کوتاه مدت	بلند مدت
یک	۰/۵۴	۱/۲۲	-۰/۲۲	-۰/۹۷
دو	۰/۴۹	۱/۱۱	-۰/۴۵	-۱/۰۲

نحوه محاسبه کششهای کوتاه مدت مدل شماره ۱ در ادامه توضیح داده خواهد شد و مدل شماره دو کششهای بلند مدت از تقسیم ضرایب متغیرها بر $0/44 = (1 - 0/56)$ به دست آمده اند. همان گونه که مشخص است هر دو مدل نشان از بی کشش بودن تقاضای برق نسبت به درآمد و قیمت در کوتاه مدت و کشش پذیر بودن آن در بلند مدت دارد. (نتایج آماری مربوط به مدل شماره (۲)، جدول شماره ۵ و مدل شماره (۱) جدول شماره ۷ ضمیمه می باشد).

استفاده از $MA(1)$ در مدل شماره ۱ با توجه به همبستگی نگار و به منظور افزایش آماره دوربین واتسون بوده است (جدول ۶ ضمیمه). آزمونهای فروض کلاسیک جهت مدل شماره (۲) در جداول شماره ۱۴-۱۷ ضمیمه می باشند. نتایج آزمون نرمال بودن توزیع سری های زمانی مدل ۱ حاکی از نرمال بودن توزیع این سری ها می باشد. (جدول ۸ ضمیمه). با توجه به همگرا بودن متغیرها از درجه ۱، مقادیر پسماند از نظر

مانایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج آزمون ریشه واحد برای مقادیر پسماند حاکی از مانا بودن آنها می‌باشد (جدول ۹ ضمیمه) پس معادله فوق بیانگر تابع تقاضای بلندمدت برق خانگی در استان خوزستان می‌باشد. برای تخمین تقاضای کوتاه‌مدت از روش ECM استفاده شده است و تابع تقاضای کوتاه‌مدت زیر به دست آمده است:

$$DLCOR = 0.09 + 0.54D(LRI) - 0.22D(LRPGR) + 0.72D(LRPGR(-1)) - 0.44D(LRI(-1))$$

$$t \quad : \quad (3/84) \quad (2/52) \quad (-2/20) \quad (5/73) \quad (-2/23)$$

$$-0.27 U2(-1)$$

$$(-2/4)$$

$$R^2 = 0.72 \quad F = 8/84 \quad \bar{R}^2 = 0.64 \quad D.W = 2/29$$

(جدول ۱۰ ضمیمه)

۶. بررسی فرض کلاسیک تابع تقاضای برق

الف. ناهمسانی واریانس: ناهمسانی واریانس در واقع نقض فرض $v(\varepsilon_i) = \sigma^2$ می‌باشد و نقض این فرضیه بیشتر در مورد سری‌های مقطعی محتمل است. ناهمسانی واریانس پسماندها ممکن است ناشی از وجود ارتباط بین یکی از متغیرهای مستقل و واریانس پسماندها و یا از قلم افتادن برخی متغیرهای مستقل باشد. برای تشخیص این امر از آزمون «وایت ۱» و «آرچ ۲» استفاده شده است. نتایج حاکی از نبود این مشکل در مدل برآوردی می‌باشد.

ب. خودهمبستگی: خودهمبستگی نقض فرض $E(u_i, u_j) = 0 \quad i \neq j$ می‌باشد و به معنی وجود رابطه میان پسماندهای مربوط به مشاهدات مختلف است.

1 - White Heteroskedasticity Test.

2 - Auto regressive Conditional Heteroskedasticity Test (ARCH).

برای تشخیص خودهمبستگی از «آزمون LM¹» استفاده شده است و نتایج حاکی از عدم وجود این مشکل در مدل برآوردی می‌باشد (جدول شماره ۱۱ تا ۱۳ ضمیمه). پس مدل برآوردی ناقص فروض کلاسیک نمی‌باشد و قابلیت اعتماد آن برای تفاسیر اقتصادی اثبات می‌شود (نتایج کامپیوتری بررسی فروض کلاسیک و تست نرمالیتی در خصوص مدل شماره ۲ در جداول ۱۴-۱۷ ضمیمه آورده شده است).

۷. نتایج و تفسیر مدل

روند تغییرات درآمد و میزان تقاضای برق، نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین این دو متغیر می‌باشد. از سوی دیگر، روند تغییرات قیمت واقعی برق و مقدار تقاضای برق نشان‌دهنده وجود ارتباط معکوس بین قیمت واقعی برق و مقدار مصرف آن می‌باشد. بنابراین هم ارتباط قیمت و تقاضا و هم ارتباط درآمد و تقاضا، مؤید نظریه تقاضا در مورد کالای نرمال برق در خوزستان می‌باشد.

از انرژی برق در گرمایش، سرمایش، نیروی محرکه، روشنایی و برخی مواقع در پخت‌وپز استفاده می‌شود. استفاده از برق در گرمایش فضا و آب غیراقتصادی است. این درحالی است که گاز طبیعی بیشتر جهت پخت‌وپز، گرمایش آب و فضا به‌کار برده می‌شود. پس کالای جانشین مناسبی برای برق نمی‌باشد؛ بلکه به‌گونه‌ای در راستای هم مورد استفاده قرار می‌گیرند. در استان خوزستان به‌دلیل شرایط آب و هوایی، بخش زیادی از مصرف برق در ماه‌های گرم سال می‌باشد که از وسایل پرمصرفی مانند کولر (گازی و آبی) و پنکه استفاده می‌شود. در این فصول استفاده از گاز جهت پخت‌وپز و گرمایش آب باعث ایجاد گرما در محیط می‌شود و برای کاهش دمای محیط از وسایل خنک‌کننده، تهویه و هود حداکثر استفاده می‌شود که از وسایل پرمصرف برقی هستند.

در مدل برآوردی تمام ضرایب در سطح ۵ درصدی معنی‌دار هستند؛ به‌طوری‌که آماره F نیز نشان می‌دهد، فرضیه صفر بودن هم‌زمان تمام ضرایب متغیرهای مستقل

در سطح ۵ درصدی رد می‌شود. آماره \bar{R}^2 بیانگر آن است که ۸۹ درصد تغییرات وابسته (تقاضای برق خانگی در استان خوزستان) توسط متغیرهای مستقل موجود در تابع قابل توضیح است و ۱۱ درصد باقی‌مانده آن مربوط به عواملی است که در تابع لحاظ نشده و در پسماندها ظاهر شده است.

با توجه به شکل لگاریتمی تابع، ضریبهای برآوردی بیانگر کششهای درآمدی و قیمتی تقاضا می‌باشد. پس کشش درآمدی بلندمدت برابر $1/22$ و کشش قیمتی تقاضای بلندمدت برابر $0/97$ - می‌باشد و بیانگر این است که اگر قیمت واقعی برق ۱۰ درصد افزایش (کاهش) پیدا کند (با فرض ثابت بودن سایر عوامل) تقاضا برای برق در بلندمدت $9/7$ درصد کاهش (افزایش) می‌یابد. در کوتاهمدت نیز کششهای درآمدی و قیمتی به ترتیب $0/54$ و صفر می‌باشد.

بنابراین در بلندمدت تقاضای برق نسبت به درآمد و قیمت با کشش و در کوتاهمدت کم‌کشش است و هم در کوتاهمدت و هم در بلندمدت اثر درآمدی بیشتر از اثر قیمتی آن است، با توجه به ضروری بودن کالای برق در دهه‌های اخیر به‌نظر می‌رسد کشش‌پذیری تقاضای برق نسبت به تغییرات درآمد و قیمت در بلندمدت ناشی از این باشد که سطح مخارج برق نسبت به کل درآمد خانوارها اهمیت خاصی دارد. ضریب $u(-1)$ در تابع کوتاهمدت $-0/27$ برآورد شده است که نشان می‌دهد در هر سال $0/27$ از تعادل یک دوره در تقاضای برق، در دوره بعد تعدیل می‌شود. بنابراین تعادل در هر سال به‌طور نسبی با کندی صورت می‌گیرد.

۸. نتیجه‌گیری

در این مقاله تابع تقاضای برق خانگی بلندمدت به‌وسیله روش OLS و در کوتاهمدت به‌وسیله روش ECM با استفاده از سری‌های زمانی تخمین زده و کششهای قیمتی و درآمدی در کوتاهمدت و بلندمدت محاسبه شد. با استفاده از آزمون دیکی‌فولر تعمیم‌یافته مانایی سری‌های زمانی بررسی شد و نتایج حاکی از $I(1)$ بودن همه

سری‌های زمانی مورد نظر دارد. با استفاده از روش «انگل- گرنجر» مانایی مقادیر پسماندهای ناشی از تخمین به روش OLS مورد بررسی قرار گرفت که این بررسی نشان‌دهنده مانایی این مقادیر است. پس مدل تخمینی به وسیله OLS مدل بلندمدت می‌باشد و بین متغیرهای به‌کار رفته در تابع تقاضا همگرایی وجود دارد.

نرمال بودن سری‌های زمانی و فروض کلاسیک برای مدل تخمینی نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از مناسب بودن مدل می‌باشد. کششهای برآوردی در بلندمدت نشان‌دهنده کشش‌پذیر بودن تقاضای برق نسبت به تغییرات قیمت و درآمد، خصوصاً درآمد می‌باشد. این شاخصها در کوتاه‌مدت نشان‌دهنده کم‌کشش بودن تقاضای برق نسبت به تغییرات آنها است.

گاز که به‌عنوان کالای جانشین به‌کار گرفته شده است، جانشین مناسبی برای برق نیست و روند تغییرات قیمت گاز و مصرف برق همسو می‌باشد. یکی از دلایل می‌تواند ناشی از ایجاد حرارت به‌هنگام استفاده از گاز (هنگام پخت‌وپز، استفاده از لامپها و گرمایش آب جهت نظافت) و در نتیجه استفاده از وسایل خنک‌کننده و تهویه‌کننده (که از جمله وسایل پرمصرف برق هستند) برای پایین آوردن دمای محیط در ماه‌های گرم سال (حدود ۷ ماه) می‌باشد.

با توجه به ضروری بودن مصرف برق در دهه‌های اخیر به‌نظر می‌رسد کشش‌پذیری تقاضای برق نسبت به تغییرات قیمت و درآمد ناشی از این باشد که سطح مخارج برق نسبت به کل درآمد خانوارها حداقل در خوزستان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با مقایسه کششهای قیمتی و درآمدی تقاضای برق خانگی در استان خوزستان می‌توان چنین استنباط کرد که تقاضای برق از سیاستهای قیمتی و درآمدی تأثیر می‌پذیرد و تأثیر سیاستهای درآمدی بیشتر از سیاستهای قیمتی است.

منابع و مأخذ

۱. امامی میبیدی، علی (۱۳۷۸)، «روش قیمت‌گذاری برق بر مبنای ساختار صنعت برق کشور»، مجله برنامه و بودجه، شماره ۳۷، ص ۳۷-۵۶.
۲. پژوهان، جمشید؛ محمدی، تیمور (۱۳۷۹)، «قیمت‌گذاری بهینه رمزی برای صنعت برق ایران»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، پاییز، ص ۳۹-۶۱.
۳. تبریزیان، بیتا (۱۳۷۵)، برآورد تابع مصرف برق در ایران و مقایسه آن با کشورهای OECD

۴. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، توکلی، اکبر؛ بحرینی، جعفر (۱۳۷۷)، «برآورد رابطه تقاضای برق خانگی در استان اصفهان»، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۵۲، ص ۱۱۵-۱۳۶.
۵. حسینی‌نژادبان کوشکی، رقیه (۱۳۷۲)، تخمین تابع تقاضای برق خانگی در استان اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
۶. رشیدیان، ن (۱۳۶۷)، نگاهی به تاریخ خوزستان، انتشارات بوعلی.
۷. زمانی، مهرزاد (۱۳۷۷)، تخمین توابع تقاضای برق در بخش‌های اقتصادی استان لرستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
۸. صادقی، مهدی (۱۳۷۶)، پایداری تقاضا برای انرژی در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
۹. صفارپور اصفهانی، مسعود (۱۳۷۸)، «چشم‌انداز تقاضای برق و ظرفیت عملی نیروگاهی مورد نیاز کشور در برنامه سوم توسعه»، مجله برنامه و بودجه، شماره ۳۷، ص ۸۵-۱۱۲.
۱۰. عسکری، علی (۱۳۷۹)، بررسی تقاضای برق در بخش‌های مختلف مصرف و نگرشی بر سیاست قیمت‌گذاری، پایان‌نامه دکتری، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
۱۱. عسکری، علی (۱۳۷۹)، «تخمین تقاضای برق در بخش خانگی و برآورد کشش‌های قیمتی و درآمدی آن»، مجله برنامه و بودجه، شماره ۶۳ و ۶۲، ص ۱۰۳-۱۱۹.
۱۲. عطار، خلیل (۱۳۷۹)، برآورد تابع تقاضای انرژی در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز.
۱۳. فتح‌... زاده‌ا قدم، رضا (۱۳۷۲)، تقاضای انرژی خانگی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
۱۴. فخرائی، حمید (۱۳۷۱)، گزارش نهایی طرح تقاضای انرژی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و توسعه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی.
۱۵. فراهانی (۱۳۷۹)، «اصول مدیریت بار و صرفه‌جویی در انرژی الکتریکی»، فصلنامه علمی پژوهشی آموزشکده فنی صنعت آب و برق خوزستان.
۱۶. قدس، غلامرضا (۱۳۷۵)، برآورد تقاضای انرژی در بخش خانگی - تجاری، پایان‌نامه

کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.

۱۷. کاظمی، احمد (۱۳۷۴)، *تحلیل و برآورد تقاضای انرژی در بخشهای خانگی و صنعتی ایران*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.

۱۸. مصلی پور، حسین (۱۳۷۶)، *بررسی صنعت برق و تخمین توابع تقاضا، تولید و هزینه برق استان خراسان*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.

۱۹. مرکز آمار ایران، سالنامه آماری کشور، ۱۳۵۶ - ۱۳۸۰.

۲۰. مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی آمارگیری از بودجه خانوار روستائی ۱۳۵۶ - ۱۳۸۰.

۲۱. مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی آمارگیری از بودجه خانوار شهری ۱۳۵۶ - ۱۳۸۰.

۲۲. مرکز آمار ایران، سرشماری نفوس و مسکن، نتایج تفصیلی استان خوزستان ۱۳۵۶ - ۱۳۸۰.

۲۳. نوفرستی، محمد (۱۳۷۸)، *ریشه واحد و همگامی در اقتصادسنجی*، مؤسسه خدمات فرهنگی رسا، چاپخانه غزال.

۲۴. وزارت نیرو (۱۳۵۶)، *برنامه ریزی بلندمدت انرژی ایران*، جلد ۱۲، ص ۲۶۸-۷۳.

۲۵. هادیان، محمود (۱۳۷۶)، *برآورد کشش قیمتی و درآمدی تقاضای برق در استان همدان در دو بخش خانگی و صنعتی*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.

26. Anderson .B, Damsgaard. N(2002) , *Residential Electricity Use – Demand Estimation Usiny Swedish Micro Data*, Stockholm School of Economics, Box 6501, S-11383 Stockholm, Sweden.

27. Arsenault E., Bernard J. and Laplante G. (1995), "A Total Energy Demand of Quebec: Forecasting Properties", *Energy Economics*, Vol.17, PP: 163-171.

28. Ang B.W(1988), "Electricity-output ration and sectoral electricity use", *The case of East and South East Asian developing countries Energy Policy*, vol.16 , No. 2, PP: 115-121.

29. Bierlein, J. Dunn, Mc Connon J.(1980), "The Demand for Electricity and natural Gas in northeastern United States", *The Review of Economics and Statistics*, PP: 403-403.

30. Branch, Raphael E. (1993), "Shortrun Income Elasticity of Demand for Residential Electricity Using Consumer Expenditure Survey

Data", *the Energy Journal*, Vol. 14, No.4.

31. Bentzen, J. Engsted, T. (1993), "Short and Long – Run Elasticities in Energy Demand: A Cointegration Approach", *Energy Economics*, Vol.15, No.1.
32. 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.
33. 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, PP: 213-221.
34. Eltony M.N, and Asrual, H. (1996), "A cointegration Relationship in the Demand for Energy: The case of Electricity in Kuwait", *the Journal of Energy and development*, Vol.19, PP: 493-513.
35. Ettestol, Ingunn (2002), *Estimating Residential Demand for Electricity with Smooth Transition Regression*, NTNU, Trondheim, Norway.
36. Fisher, Franklin M. and Kaysen, Carl (1962), *The Demand for Electricity in the United States*, Amsterdam, North-Holland Pub Co.
37. Glenn D. Westley (1983), "Electricity demand in a Developing country", *The Review of Economics and Statics*, June, PP: 459-467.
38. Huathaker, H.S(1951), "some Calculations of Electricity Consumption in Great Britain", *Journal of the Royal statistical society*, Vol.114, Part III, PP: 351-371.
39. Houthakker, H.S, Verlenger, P.K and Sheehan, P. (1973), *Dynamic Demand Analyses for Gasoline and Residential Electricity*, Lexington, mass.
40. Huas, R., and Schipper L.(1998), "Residential Energy Demand in OECD-Countries and the Role of Irreversible Efficiency Improvements", *Energy Economics*, Vol.20, PP: 421-442.
41. Jeffrey A. Dubin and Daniel L. Mcfadden (1984), "An Econometric of Residential Electric Appliance Consumption", *Econometrica*, Vol. 52, No. 2.
42. Kent D. Anderson(1973), "Residential Demand for Electricity",