

## مدل‌سازی تعرفه برق خانوارهای استان‌های ایران برای کاهش یارانه‌های بخش برق

زین‌العابدین صادقی<sup>۱</sup>

دانشیار اقتصاد انرژی دانشگاه باهنر کرمان

z\_sadeghi@uk.ac.ir

دکتر وحید ستاری

دانشیار مهندسی کامپیوتر دانشگاه باهنر کرمان

vsnaeini@uk.ac.ir

فاطمه اشرف گنجویی

کارشناس ارشد رشته اقتصاد انرژی دانشگاه باهنر کرمان

fatemeh135ashrafganjuei@gmail.com

چکیده:

صنعت برق ستون فقرات هر کشور است و تأثیر مستقیمی بر توسعه اقتصادی، امنیت ملی و کیفیت زندگی دارد. در اکثر کشورها صنعت برق از ماهیت انحصاری یا شبه انحصار طبیعی برخوردار است و تعرفه‌های برق توسط دولت رگولاتوری می‌شود. از سوی دیگر نیروی برق بخشی از خدمات مورد نیاز بخش مسکن است. هدف اصلی این مطالعه مدل‌سازی تعرفه برق بخش مسکونی برای کاهش یارانه‌های بخش برق در ایران است. جامعه آماری این تحقیق کل مصرف‌کنندگان صنعت برق و نمونه آماری مصرف‌کنندگان مسکونی طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹ در ایران است. نوآوری این مقاله مدل‌سازی برای اندازه‌گیری مقدار یارانه پنهان پرداختی به خانوارهای مسکونی طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹ است. متوسط یارانه خانگی ۴۰ میلیون دلار می‌باشد. روند تغییرات بعد از هدفمند کردن یارانه‌ها کاهشی بوده است. در سال‌های رونق اقتصادی "دهه‌ی هشتاد" مصرف بیشتر و در سال‌های رکود اقتصادی مصرف کمتر شده است. مجموع یارانه پرداختی به خانوارها در طی دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۸۰ برابر با ۸۰۴/۸ میلیون دلار و متوسط یارانه پرداختی ۴۰/۲ میلیون دلار و انحراف معیار برابر با ۲۴/۸ می‌باشد. کمترین یارانه برای استان خراسان جنوبی و بیشترین مقدار یارانه برای تهران بوده است. براین اساس می‌توان نتیجه گرفت که اگر هدف سیاست‌گذار افزایش رشد اقتصادی مناطق کم برخوردار است. باید عدالت یارانه‌ای را از طریق افزایش سهم مناطق کم برخوردار اعمال کند.

واژگان کلیدی: تعرفه برق، بخش مسکونی، یارانه برق

<sup>۱</sup>. نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه :

در طول سه دهه گذشته تغییر ساختار بازارهای برق در سراسر جهان منجر به شکل‌گیری بازارهای قدرت عمده‌فروشی رقابتی شده‌است که بیانگر افزایش نوسان قیمت برق است. ویژگی‌های منحصر به فرد برق به نوسانات شدید قیمت آن کمک می‌کند نیاز به درک پویایی‌های تصادفی قیمت برق از اوایل دهه ۱۹۹۰ افزایش یافته‌است. تولیدکنندگان برق، خرده‌فروشان، مصرف‌کنندگان بزرگ و رگولاتورها، نسبت به سایر مشارکت‌کنندگان بازار برق در مبادلات انرژی در سطح جهان با قیمت‌های شدید بازار مواجه هستند. از این رو، آزادسازی بخش برق منجر به کاهش قیمت‌ها شده‌است. اما، در زمان یکسانی منجر به نوسان قیمت بزرگتر و پایدارتر برق شده‌است.

افزایش نوسان نشان از درجه تصادفی بودن قیمت برق است و به این ترتیب پارامتر مهمی در مدل‌سازی مدیریت ریسک می‌باشد تحقیقات موجود در مورد نوسانات قیمت برق ترکیبی از ویژگی‌ها مانند فصلی بودن نوسانات قیمت اثر معکوس اورچ-جوهانسون را نشان می‌دهد به این معنی که شوک‌های مثبت تاثیر بزرگ‌تری بدلیل افزایش بیش از اندازه سرمایه‌گذاری در صنعت برق بر نوسانات آینده در مقایسه با شوک‌های منفی مشابه دارند (ایاندیس وهمکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۲۱).

بر اساس گزارش صندوق بین‌المللی پول (۲۰۱۵)، اندونزی پس از روسیه ایران و عربستان سعودی در سال ۲۰۱۳ بزرگ‌ترین یارانه‌های برق بر حسب دلار آمریکا را داشتند.

یارانه برق، تقاضای برق را بیشتر نسبت به آنچه که دولت پیش‌بینی کرده‌است افزایش یافته‌است، این امر اجازه نمی‌دهد تا فرصت انجام کار از نظر الزامات برای افزایش ظرفیت تولید برق مورد استفاده قرار گیرد اصلاحات می‌تواند همچنین منابع برای اولویت‌هایی مانند فراهم کردن انواع دیگر زیرساخت‌ها را ایجاد کرده‌اند، این اصلاحات احتمالاً خطر قطعی برق را کاهش می‌دهد چون مقدار تقاضای برق در حال حاضر از عرضه در دسترس کم‌تر است.

رقابت بیشتر در سطح عمده‌فروشی بخش برق یک راه برای دستیابی به کاهش یارانه پرداختی هست. اتصال شبکه جدید به کشورهای همسایه فرصت‌های واردات برق از کشورهای همسایه ارائه می‌کند، کاهش مداوم در هزینه انرژی خورشیدی باد و فن‌آوری‌های باتری امید به آینده برق ارزان‌تر را فراهم می‌کنند. (بورک و کورناواتی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸)

هنگام رگولاتوری تعرفه ترکیب سوخت و انرژی مصرفی، تاثیر چند وجهی بر عملکرد اقتصادی و اجتماعی مردم در مناطق مجزا و کل کشور دارد. استاندارد زندگی مردم یک کشور با سطح مسکن و تعرفه‌های نیروگاهی مرتبط است. تعریف مفهوم " رگولاتوری تعرفه حاکمیتی " باید شامل یک لایه از عناصر تعاملی (روش‌ها ابزارها) عمل کند تا از منافع مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان محلی محافظت کند این روش‌ها و ابزارها عوامل اقتصادی، قانونی و اداری

<sup>1</sup> Ioannidis et al , (2021)

<sup>2</sup>Burke , Kurniawati ,(2018)

هستند که می‌توانند همزمان یا جداگانه کار کنند این ابزارها اغلب در چارچوب مستقیم یا غیرمستقیم رگولاتوری تعرفه حاکمیتی می‌شوند (تولستیاکوا و باتیرووا، ۲۰۲۲).

ایجاد یک طرح مناسب برای یارانه‌ها برق یک مساله رایج است که بسیاری از کشورهای در حال توسعه با آن مواجه هستند. هر چند طرح‌های یارانه برای حفاظت از بخش‌های فقیر جامعه طراحی شده‌اند. علاوه بر ایجاد یک مشکل مدیریت مالی، یارانه‌های برق نیز یک اثر ازدحام بیرونی ایجاد می‌کنند که تمام فضای مالی را متاثر می‌کند. به علاوه، خسارت سنگینی در اقتصاد به خاطر مصرف بیش از حد برق تولید می‌شود (بندیکت و همکاران، ۲۰۱۳).

با این حال با وجود این معایب حذف یارانه‌ها راه‌حل نیست زیرا امکانات پایه را برای فقرا فراهم می‌کند، بنابراین یک استراتژی برای ایجاد یک مکانیزم توزیع مطلوب برای اطمینان از دسترسی به برق به فقرا با کم‌ترین تاثیر نامطلوب بر اقتصاد مورد نیاز است، در این راستا مفهوم رویکرد هدفمندی یارانه‌ها به نتایج مطلوب در اقتصادهای توسعه‌یافته نشان داده شده‌است (خلید و سلمان، ۲۰۱۹).

کالای برق از عمده اقلام انرژی مورد مصرف مردم است که همواره با قیمتی پایین تر از قیمت تمام شده توسط دولت در اختیار خانوارها قرار می‌گیرد با توجه به اینکه قیمت برق در ایران با قیمت واقعی آن فاصله زیادی دارد و دولت یارانه پنهانی را متقبل می‌شود این موضوع همواره شوک های قیمتی را تهدید می‌کند و لذا بررسی اثرات احتمالی شوک در قیمت برق توسط برنامه ریزان اجتناب ناپذیر است.

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

کشور ایران نه تنها یک تولیدکننده عمده انرژی بلکه یک مصرف کننده بزرگ انرژی محسوب میشود. جمعیت بالا مساحت زیاد کشور و برنامه های صنعتی و توسعه شهری همگی عوامل موثر بر سهم بازار مصرف است و طبیعی به نظر می رسد کشور پهناوری مثل ایران مصارف متنوعی برای انرژی داشته و سطح مصرف در آن بالا باشد. انرژی برق نیز یکی از اقلام مهم مصرفی است که با قیمتی نسبتا پایین تر از قیمت جهانی در اختیار مصرف کنندگان قرار می گیرد و همین امر نگرانی هایی در زمینه اتلاف آن به دلیل واقعی نبودن قیمت اش ایجاد کرده است.

<sup>1</sup>Tolstyakova & Batyrova(2022)

<sup>2</sup>Benedict et al.,( 2013)

<sup>3</sup>Khalid and Salman,(2019)

تجارب بین‌المللی نشان می‌دهد یکی از موثرترین راه‌های تعدیل مصرف انرژی اعمال قیمت‌گذاری صحیح است اگر چه واضح است اصلاح قیمت به تنهایی به مصرف بهینه منجر نمی‌شود و باید همزمان به بهینه‌سازی صنایع بهبود کیفیت زیرساخت خانه‌های مسکونی و بالابردن آگاهی عمومی در راستای استفاده بهینه مصرف‌کنندگان نیز پرداخت. هدف اصلی این پژوهش، مدل‌سازی تعرفه برق بخش مسکونی برای کاهش یارانه‌های بخش برق در ایران است. نوآوری این مقاله اندازه‌گیری مقدار یارانه پنهان پرداختی به خانوارهای مسکونی طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹ می‌باشد.

بر این اساس در این بخش کلیاتی در مورد صنعت و یارانه برق و ضرورت انجام تحقیق ارائه شده و در بخش دوم به مهم‌ترین پژوهش‌های انجام شده در داخل و خارج از کشور مرتبط با یارانه برق و اثرات آن، اشاره شده است. بخش سوم تصریح مدل مورد استفاده در این تحقیق، بخش چهارم برآورد مدل و تصریح نتایج و در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات آورده شده است.

## ۲- مروری بر ادبیات پژوهش

رایمند<sup>۱</sup> (۱۹۸۳) در مقاله‌ای تحت عنوان: "برآورد تقاضای برق خانگی کوتاه‌مدت با استفاده از داده‌های تلفیقی" را مطالعه کردند: تقاضای برق خانگی کوتاه‌مدت با استفاده از مدل‌های تقاضای شرطی توسط نویسندگان مختلف با استفاده از داده‌های تجمیع و داده‌های گیت برآورد شده است. داده‌های گیت برای برآورد این مدل‌ها بسیار مطلوب هستند. با این حال در بسیاری از موارد ممکن است داده‌های گیت موجود نامناسب باشند. علاوه بر این، داده‌های گیت ممکن است به طور کلی در دسترس نباشند. در این موارد، داده‌های تجمیعی در دسترس ممکن است مناسب‌تر باشند.

ریس و وایت<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) مقاله‌ای تحت عنوان: "تجدید نظر تقاضای برق خانگی" را مطالعه کردند: تلاش‌های اخیر برای بازسازی بازارهای برق، علاقه به ارزیابی چگونگی واکنش مصرف‌کنندگان به تغییرات قیمت را تجدید کرده است. در این مطالعه مدلی برای ارزیابی اثرات طرح‌های تعرفه جایگزین بر مصرف برق ارائه شده است. این مدل به طور همزمان مشکلات مرتبط با قیمت‌گذاری غیرخطی، ناهمگنی در حساسیت قیمت مصرف‌کننده و تجمیع مصرف بر روی لوازم و زمان را مورد بررسی قرار می‌دهد. مدل با استفاده از داده‌های گسترده برای نمونه آماری ۱۳۰۰ خانوار کالیفرنیا برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که توزیع چوله کشش‌های قیمت برق خانوار در جمعیت، با کسر کوچکی از خانوارها که برای اغلب پاسخ تقاضای کل

<sup>1</sup> Raymond 1983

<sup>2</sup> Peter & White 2005

محاسبه می‌شوند، وجود دارد. سپس پیامدهای کلی و توزیعی تغییرات ساختار تعرفه اخیر در کالیفرنیا را برآورد می‌کنیم که اثرات مصرف آن موضوع بحث قابل توجهی بوده است.

یارانه متقابل در صنعت برق قیمت‌های عادی را بدون دستیابی به اهداف دسترسی عادلانه و منصفانه به برق برای همه تحریف کرده و منجر به مصرف بی‌رویه برق می‌شود. کاهش هزینه‌های ناکارآمد شرکت‌های انرژی خرده‌فروشی ممکن است باعث کاهش بیشتر قیمت برق شود. پروسکوریاکف و همکاران (۲۰۲۰)، در مقاله‌ای به بررسی مدل‌سازی تعرفه خانگی برای کاهش یارانه‌های بخشی در بازار انرژی روسیه پرداختند بر اساس نتایج این مطالعه تجزیه و تحلیل یارانه‌های متقابل در صنعت برق بین گروه‌های مختلف مصرف‌کننده نشان داده است که این اقدام در ابتدا که برای حمایت اجتماعی معرفی شده است اثرات زیان‌باری بر عملکرد اقتصاد کلان و صنعت انرژی و همچنین بر جمعیت دارد. اکثر مطالعات متقابل یارانه که بر قیمت‌گذاری رمزی تمرکز دارند نتیجه می‌گیرند که تعرفه‌ها باید با افزایش قیمت برای گروه مصرف‌کننده "گیرنده یارانه" کاهش یابد. اگرچه کشورها به گونه‌ای متفاوت به تنظیم این صنعت انحصار طبیعی روی آورده‌اند اما روند کلی آزادسازی بخش‌های مختلف بازار برای ایجاد شرایط بازی برابر و برای محافظت از فقیرترین خانوارها باید تعرفه‌ها را مدیریت کرد هزینه‌های ناکارایی شرکت‌های انرژی خرده‌فروشی باید کاهش یابد (از طریق الگوبایه)، معیارها باید برای افزایش صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کارایی انرژی توسط همه گروه‌های مصرف‌کننده اتخاذ شوند و نرم مصرف اجتماعی (تعرفه بلوکی) برای خانوارها باید معرفی شود. نویسندگان برآورد می‌کنند که متوسط مصرف اجتماعی متوسط (تعرفه عمده) ۷۰ کیلووات ساعت برای مصارف خانگی و ۳۰ کیلووات ساعت با هر فرد اضافی دیگر افزایش می‌یابد. در راستای مدل پیشنهادی، تعرفه خانوارهای فقیر کم‌تر از تعرفه فعلی خانوار است و نباید اضافه شود. تعرفه برای خانوارهای مرفه به میزان ۴٪ در هر سال در طول ۱۶ سال یا ۶.۳٪ در هر سال در طی ۱۰ سال افزایش خواهد یافت. تعرفه‌های صنعت ممکن است با همان سرعت کاهش یابد.

ایان‌دیس و همکاران، (۲۰۲۱) در مقاله‌ای تحت عنوان: "قیمت‌گذاری برق با استفاده از یک مدل GARCH متناوب با مولفه‌های کشیدگی و کشیدگی مشروط" به مطالعه نوسان قیمت برق پرداختند: این مقاله بررسی ویژگی‌های اتفاقی نرخ رشد قیمت برق را فراتر از دو لحظات مشروط قبلی که اجازه تاثیر فصلی بودن بر پارامترهای آن‌ها را می‌دهد، گسترش می‌دهد، سهم اصلی شامل تفکیک خطر قیمت برق به مولفه‌های قیمت خالص و چولگی آن و توسعه معادله پیش‌بینی خنثی ریسک برای قیمت برق است.

نیاز به درک دینامیک‌های تصادفی قیمت برق برای همه مشارکت‌کنندگان بازار ضروری است. به عنوان مثال، مصرف‌کنندگان بزرگ برق به طور مداوم در معرض نوسانات قیمت قرار دارند و به دنبال کاهش

ریسک با پوشش ریسک با استفاده از ترکیبی از توافقنامه های خرید برق (PPAs)<sup>۱</sup>، قراردادهای سلف، آتی و اختیار هستند. همه این نوع قراردادها از بازار لحظه‌ای به عنوان یک معیار استفاده می‌کنند، که مهم‌ترین علامت برای تشکیل قیمت آتی را فراهم می‌کند.

تلستیاکوا و باتیروا (۲۰۲۲)، در مقاله ای تحت عنوان: "روش‌های بهینه‌سازی رگولاتوری تعرفه در صنعت برق" را مطالعه کردند: رگولاتوری تعرفه‌ای یک روش مالی مدیریت فرآیندهای اقتصادی با کمک مالیات‌ها است که نیازمند توسعه مداوم است که به طور مستقیم با توسعه صنعت برق و پیشرفت تکنولوژی در کل مرتبط است. پس از تحلیل سیستم تنظیم تعرفه در صنعت برق می‌توان نتیجه گرفت که مهم‌ترین وظایف دولت مدرن‌سازی ایجاد یک روش تعیین تعرفه شفاف ایجاد مکانیسم‌های انگیزشی اقتصادی و جذب سرمایه‌گذاری خصوصی است. برای اجرای تعامل بین دولت و جامعه، استفاده از منابع اینترنتی به دولت اجازه می‌دهد تا اطلاعات و بازخورد را در زمان واقعی دریافت کند از تعداد قابل توجهی واسطه‌ها و موانع اداری اجتناب کند.

محمدی و کروکی (۱۳۹۲)، در مقاله ای تحت عنوان: "مقایسه تقاضای خانگی برق استان‌های سرد و گرم" به مطالعه پرداختند: باتوجه به وجود اقلیم‌های متفاوت در کشور ما الگوهای تقاضای متفاوتی برای انرژی برق مطرح می‌شود. مثلاً در برخی استان‌های گرم کاهش مصرف برق در بخش خانگی استان‌های گرم نسبت به مصرف برق دوره‌ی قبل درآمد سرانه متوسط دمای تابستان و متوسط دمای زمستان مثبت می‌باشد. به این ترتیب که یک درصد افزایش یا کاهش در مصرف برق خانگی استان‌های گرم در هر دوره مصرف برق خانگی این استان‌ها را در دوره‌ی بعد به اندازه‌ی ۰.۷۶ درصد افزایش یا کاهش می‌دهد. یا کاهش مصرف برق در بخش خانگی استان‌های سرد نسبت به مصرف برق دوره‌ی قبل درآمد سرانه متوسط دمای تابستان و متوسط دمای زمستان مثبت می‌باشد. به این ترتیب که یک درصد افزایش یا کاهش در مصرف برق خانگی استان‌های سرد در هر دوره مصرف برق خانگی این استان‌ها را در دوره‌ی بعد به اندازه ۰.۶۴ درصد افزایش یا کاهش می‌دهد.

رشد دائمی مصرف انرژی برق که به طور عمده از واقعی نبودن قیمت آن نشأت گرفته توانایی شبکه برق رسانی ایران را برای تامین تقاضا با مشکل مواجه کرده است. بنابراین قیمت گذاری بهینه انرژی برق یکی از مسائل مهم در زمینه مدیریت انرژی برق است. علاوه بر این بخش خانگی یکی از مهمترین اجزای مصرف انرژی برق در کشور به شمار می‌آید.

بزازان و همکاران (۱۳۹۴)، در مقاله ای تحت عنوان: "تاثیر هدفمندی یارانه انرژی برق بر تقاضای خانوارها به تفکیک شهر و روستا در ایران (یک رهیافت سیستمی)" به مطالعه پرداختند: هدفمندی یارانه انرژی باعث می‌شود درصد بالایی از بودجه خانوار روستایی نسبت به خانوار شهری به انرژی برق اختصاص یابد در نتیجه سیاست‌های قیمتی در راستای افزایش قیمت انرژی می‌تواند مخارج زندگی را در بخش روستایی افزایش و

<sup>1</sup> Power Purchase Agreements (PPAs)

منجر به کاهش رفاه خانوارها شود بنابراین حمایت از این خانوارها در برابر نتایج منفی ناشی از هدفمندی یارانه انرژی میتواند در اولویت باشد.

نتایج نشان می‌دهند که انرژی برق برای خانوارهای شهری و روستایی جزو کالاهای ضروری به حساب می‌آید و قدرمطلق کشش قیمتی خودی برای هر دو نوع خانوار کمتر از واحد به دست آمده است. بنابراین سیاست‌های قیمتی انرژی به تنهایی برای کاهش مصرف برق احتمالا کارساز نبوده و ضرورت ایجاد میکند در کنار آن از سیاست‌های غیرقیمتی استفاده شود.

### ۳- روش‌شناسی تحقیق

با بررسی تحلیل تقاضای مشروط انرژی مسکونی در زمان حال، می‌توانید تقاضای خانوار را به عنوان استفاده از یک موجودی لوازم خانگی در نظر بگیریم.

$$q = U(p, y, w, se)k, \quad (1)$$

که در آن  $q$  مقدار سوخت مصرفی است،  $K$  موجودی یا تعداد وسایل مسکونی مصرف‌کننده انرژی، و  $U$  استفاده از آن موجودی لوازم خانگی است که مشروط به قیمت سوخت ( $q$ )، درآمد خانوار ( $y$ )، آب و هوا ( $w$ ) و سایر ویژگی‌های تجهیزات و عوامل اجتماعی-اقتصادی ( $se$ ) است.

معادله (۱) مبنایی برای مجموعه وسیعی از مطالعات است که همه این تلاش‌ها بین رفتار تقاضاکننده انرژی در بلندمدت و کوتاه‌مدت تمایز قائل می‌شوند. در رابطه با تقاضای کوتاه‌مدت، موجودی تجهیزات برون‌زا در نظر گرفته می‌شود و استفاده از تجهیزات در معادله (۱) با قیمت، درآمد و آب و هوا متفاوت است. در مورد بلندمدت، موجودی تجهیزات به عنوان درون‌زا در نظر گرفته می‌شود که با قیمت، درآمد، آب و هوا و سایر متغیرهای برون‌زا متفاوت است. در واقعیت، تقاضای تجهیزات و استفاده از تجهیزات مورد نظر به طور همزمان، بر اساس حداکثر سازی مطلوبیت بین زمانی حل می‌شود. سپس معادله تقاضای مجموع، تقاضای انرژی مورد نظر را منعکس می‌کند، اما شکل آن مانند معادله (۱) است. اطلاعات برای تقاضای مشروط مورد نظر در دسترس نیست. بنابراین اطلاعات مربوط به تقاضای شرطی واقعی توسط تمام تحلیل‌های تقاضای مشروط استفاده می‌شود استفاده از چنین داده‌هایی در زمانی که  $K$  درون‌زا است و  $q$  باید تقاضای مطلوب باشد، می‌تواند تورش همزمان و خطای اندازه‌گیری ایجاد کند. دابین و مکفادن<sup>۱</sup> (۱۹۸۰) به طور جدی این مشکل را بررسی کرده و میزان تورش را تخمین زده است. با این حال، همانطور که جورج<sup>۲</sup> (۱۹۸۰) گزارش کرده است، میزان خطا کم به نظر می‌رسد. در نتیجه، اکثر تحلیل‌های تقاضای مشروط همچنان  $K$  را به عنوان مازاد تلقی می‌کنند. فرض بر این است که معادله (۱) برای هر کاربری نهایی مسکونی مانند گرمایش فضا، تهویه مطبوع، گرمایش آب، خشک کردن لباس، شستشوی لباس، پخت و پز، یخچال، فریزر، شستشوی ظروف و سایر مصارف الکتریکی وجود دارد. در معادله (۱)،  $K$  (تعداد وسایل ۱ و ۲ و ...) برای یک مصرف‌کننده نهایی مشخص را اندازه

<sup>1</sup> Mcfadden and Dubin(1980)

<sup>2</sup> George(۱۹۸۰)

گیری می‌شود، و  $U$  به عنوان انرژی مصرف شده در هر دستگاه است. برخی از مقادیر معمول  $U$  برای برق عبارتند از ۴۰۰۰ کیلووات ساعت / سال / گرمای آب و ۶۵۰۰-۹۸۰۰ کیلووات ساعت / سال / گرمای هوا. اگر  $p, y, w$  و  $se$  را خطی در نظر بگیریم،  $z$  به دست می‌آید.

$$q_{jt}^s = \sum_{i=1}^n (x_{jti} \beta_i + \epsilon_{jti}) k_{jti} \quad (2)$$

که در آن  $q$  سوخت مورد نیاز خانوار  $j$  در حالت  $s$  در زمان  $t$  (سال) است. بردار سطری  $X$  عوامل  $(se, w, y, p)$  خانوار  $j$  در دوره  $t$  برای استفاده نهایی  $i$ ،  $\beta$  بردار ستونی پارامترهای شرایط برای استفاده نهایی  $i$  در خانوار  $j$  در مدت  $t$  است (مادالا<sup>۱</sup>، ۱۹۷۱).

در دسترس بودن داده‌های خانوار امکان بررسی تنوع سلیقه‌ها در میان خانوارها را فراهم می‌کند.

استفاده از مجموع داده‌ها دلالت بر استفاده از میانگین‌های حالت دارد، در نتیجه خطای اندازه‌گیری را به شکل  $X_{ti} = X_{jti} + v_{jti}$  ایجاد می‌کند، که در آن  $X_{ti}$  بردار سطر میانگین‌های حالت است.  $X_{ti}$  بردار سطری میانگین حالت متغیرهای مستقل در زمان  $t$  مربوط به استفاده نهایی  $i$ ، و  $v_{jti}$  بردار سطر خطای اندازه‌گیری تصادفی است. جایگزین کردن موارد زیر به

$$q_{jt}^s = \sum_i^n (x_{ti} \beta_i + v_{jti} \beta_i + \epsilon_{jti}) k_{jti}, \quad (3)$$

### ۳-۱ مدل سازی تقاضا با قیمت‌های غیرخطی

اگرچه تئوری اقتصادی پیشنهادها قابل قبولی در مورد نحوه پاسخگویی مصرف‌کنندگان به قیمت‌های غیرخطی ارائه می‌دهد، اما روش‌های تخمین و شناسایی اقتصادسنجی هنوز بررسی نشده است. این بخش مشکلات موجود را به‌طور خلاصه بیان می‌کند و رویکرد اقتصادسنجی ما را توصیف و مطالب را به هم مرتبط می‌کند.

اکثر برنامه‌های قیمت غیرخطی به شکل تعرفه‌های چند بخشی هستند. گابور<sup>۲</sup> (۱۹۹۵)، عنوان کرد که تعرفه‌های چند بخشی نشان می‌دهد که مصرف‌کننده با محدودیت بودجه غیرخطی مواجه است. بنابراین، رفتار تقاضای حداکثر مصرف‌کننده، نه به میانگین قیمت و نه به هیچ قیمت نهایی، بلکه به کل برنامه قیمت بستگی دارد. رویکرد استاندارد اقتصادسنجی برای تجزیه و تحلیل تقاضا در این محیط، که بر اساس نظریه هال (۱۹۷۳)، "خطی کردن" محدودیت بودجه است. این به معنای استفاده از صفحه مماس بر محدودیت بودجه غیرخطی مصرف‌کنندگان در بسته مصرف بهینه به عنوان تقریب خطی آن است. با انجام این کار، می‌توان تقاضا را تحت قیمت‌گذاری غیرخطی بر حسب تابع تقاضای معمولی نظریه مصرف‌کننده کلاسیک، که محدودیت بودجه را خطی فرض می‌کند، بیان کرد.

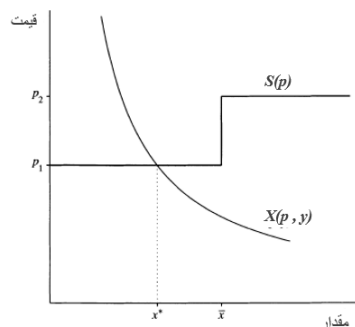
برای مشخص بودن، اجازه دهید  $x(p, y)$  تابع تقاضای معمولی باشد که مقدار مورد نظر مصرف‌کنندگان را در مواجه با قیمت ثابت (نهایی و متوسط)  $p$  و درآمد  $y$  نشان می‌دهد. با این حال، فرض کنید که مصرف‌کننده با یک برنامه قیمت

<sup>1</sup> Maddala (1971)

<sup>2</sup> Gabor (1995)

فزاینده  $s(p)$  شرکتی که در شکل ۱ نشان داده شده است روبرو شود. در اینجا مصرف کننده برای هر واحد تا مقدار  $x^*$  قیمت  $p_1$  پایینی می‌پردازد و پس از آن قیمت  $p_2$  بالاتری می‌پردازد. سپس سطح مصرف بهینه  $X$  تامین می‌شود.

$$x^* = x(xp^*, xy^*) \quad (۴)$$



شکل ۱ یک برنامه قیمت فزاینده  $s(p)$  شرکتی

که در آن  $p^*$  شیب محدودیت بودجه خطی تقریبی و  $(p^* - p_1)$  و  $y^* = y + x$  است. از نظر اقتصادی،  $p^*$  تعادل نهایی تمایل به پرداخت مصرف کننده و  $y^*$  سطح درآمدی است که مصرف  $x^*$  را به این قیمت (ثابت) القاء می‌کند. با معادله (۴)، مسئله مشخصات تقاضا تحت قیمت گذاری غیرخطی را می‌توان بر حسب تابع تقاضای معمولی شبیه به مسائل کاربردی بازسازی کرد. توجه داشته باشید که هر دو  $p^*$  و  $x^*$  به طور درون‌زا تعیین می‌شوند، با توجه به سیستم سه معادله‌ای متشکل از معادله (۴)، عبارتی برای  $y^*$ ، و برنامه قیمت غیرخطی  $s(p)^2$ .

تقریباً تمام مطالعات در مورد تقاضای برق خانگی، تخمین را به طور ضمنی بر اساس معادله (۴) انجام داده‌اند. از آنجایی که قیمت نهایی به طور همزمان توسط معادله عرضه و معادله تقاضا تعیین می‌شود، استدلال‌های اقتصادسنجی استاندارد نشان می‌دهند که برآورد حداقل مربعات معمولی با استفاده از  $p^*$  تخمین نادرستی از پارامترهای تقاضا را به همراه خواهد داشت. اکثر مطالعات قبلی از یک پروکسی برون‌زا برای قیمت نهایی یا متغیرهای ابزاری (IV) در پروسه برآورد استفاده کرده‌اند. در حالی که هر یک از روش‌ها می‌تواند مشکل درون‌زایی را کاهش دهد، هر دو تورش‌های خاص خود را معرفی می‌کنند: اولی به دلیل تصریح نادرست قیمت نهایی مناسب، و دومی به دلیل مشکل در یافتن ابزارهای مناسب (که به معادله تقاضا تعلق ندارند)

برای توضیح بیشتر در مورد نکته اخیر، مجموعه طبیعی ابزارها در این زمینه اجزای خود برنامه قیمت هستند. این ایده در کارهای اولیه مک فادن<sup>۱</sup> (۱۹۹۷) بیان شده است. با این حال، یک نقص مهم این رویکرد این است که ممکن است تغییرات برنامه قیمت در داده‌ها به میزان کم و یا اصلاً وجود نداشته باشد. این یک وضعیت رایج در برنامه‌های قیمت گذاری غیرخطی است، زیرا داده‌ها اغلب توسط یک شرکت ارائه می‌شود که یک تعرفه یا چیزی شبیه به تعرفه را از همه مصرف کنندگان دریافت می‌کند. بنابراین محققان با مشکل ابزارهای ضعیف متعارف روبرو هستند که می‌تواند منجر به تخمین‌های غیردقیق و گمراه کننده کشش قیمت شود.

<sup>1</sup> Mc fadden(1977)

نگرانی دوم و جدی‌تر زمانی به وجود می‌آید که تصمیمات مصرف در طول زمان یا خدمات متفاوت جمعی‌سازی می‌شوند. در حالت قیمت‌گذاری غیرخطی، چنین تجمیع‌هایی اغلب رویه‌های IV را غیرممکن می‌سازد. برای مثال، وقتی داده‌های مصرف در دوره‌های صورت حساب تجمیع می‌شوند، قیمت‌های نهایی واقعی مصرف‌کننده معمولاً مشاهده نمی‌شوند. بنابراین هیچ راهی برای ایجاد یک برآوردگر IV مناسب وجود ندارد: قیمت‌های نهایی درون‌زا (توالی) در دسترس برای پروژه نیستند. اگر نتایج مصرف بر روی کالاها یا خدمات با قیمت غیرخطی تجمیع شود، نه در طول زمان، مشکلات مشابهی به وجود می‌آید.

مشکلات تجمیع داده‌ها از این نوع در مطالعات تقاضای برق تقریباً جهانی است. آنها هم به این دلیل اتفاق می‌افتند که کنتور برق یک خانوار مصرف چندین «خدمات» دستگاه مجزا را جمعی‌سازی می‌کند، و هم به این دلیل که داده‌های در دسترس عموم اغلب مصرف را در بازه‌های زمانی سالانه (یا دیگر) ثبت می‌کنند که دوره‌های صورت حساب متعدد را شامل می‌شود. برخورد اکثریت با این موضوع اخیراً نادیده گرفتن آن بوده است، به گونه‌ای که گویی خانوار در طول سال با قیمت ثابت (نهایی) مواجه شده است. این نه تنها باعث تصریح نادرست قیمت‌هایی است که مصرف‌کنندگان با آن مواجه می‌شود، بلکه اثرات اقتصادی آن را نیز از بین می‌برد.

نقطه شروع، شکل واقعی کاهش یافته شرط تعادل "عرضه برابر با تقاضا" در معادله (۴) است. یعنی حل سیستم سه معادله بالا برای  $x^*$  به عنوان تابعی از برنامه قیمت است. ما در اینجا این کار را انجام می‌دهیم با فرض اینکه تابع تقاضای معمولی مصرف‌کننده (تقاضا در قیمت ثابت  $p$ ) به شکل اقتصادسنجی زیر باشد:

$$x(p, y, z, \varepsilon, \beta) \quad (5)$$

که در آن  $z$  نشان دهنده ویژگی‌های مصرف‌کننده مشاهده شده،  $\varepsilon$  ویژگی‌های مشاهده نشده مصرف‌کننده، و  $\beta$  مجموعه‌ای از پارامترهایی است که باید تخمین زده شوند. برای جلوگیری از مسائل فنی غیر ضروری، تقاضا را اکیدا افزایشی نسبت به  $\varepsilon$  و نسبت به  $p$  اکیدا کاهشی می‌شود.

در مواجهه با یک برنامه افزایش قیمت دو سطری، شکل کاهش یافته برای سطح مصرف خانوار  $x^*$  به عنوان تابعی از برنامه قیمت به صورت زیر است:

$$x^* = \begin{cases} x(p_1, y, z, \varepsilon, \beta), & \text{if } \varepsilon < c_1 \\ x, & \text{if } c_1 < \varepsilon < c_2 \\ x(p_2, y_2, z, \varepsilon, \beta), & \text{if } \varepsilon > c_2 \end{cases} \quad (6)$$

که در آن  $y_2 = y + x(p_2 - p_1)$  و  $c_j$  راه حل  $x$  است (یعنی  $c_j$  حداکثر  $(j=1)$  یا حداقل  $(j=2)$  مقدار  $\varepsilon$  است که مصرف آن در ردیف  $j$  رخ می‌دهد). معادله (۳-۸) بیان می‌کند که مصرف با تقاضا در قیمت پایین در صورتی که سطر اول نهایی باشد، با تقاضا در قیمت بالا به اضافه اثر درآمد اگر ردیف دوم نهایی باشد و با مقدار  $x$  در هنگامی که تقاضا، عرضه را در فاصله‌ی بین دو سطر برنامه‌ی قیمتی قطع کند. مقدار برش پایین و بالایی  $c_1$  و  $c_2$  برای هر تابع

تقاضای شیب دار منفی،  $C_2 > C_1$  را تعیین می‌کند، فراهم می‌کند که اثرات درآمد خیلی زیاد نباشد. (ریس و وایت، ۲۰۰۵)

به منظور ارزیابی سطح بهینه اقتصادی و اجتماعی، برای کاهش یارانه، ابتدا میزان یارانه محاسبه می‌شود. یارانه متقابل بین خانوارها و مصرف کنندگان صنعتی باید محاسبه شود. مقدار یارانه متقابل بین خانوارها و صنعت می‌تواند بصورت زیر ارزیابی شود:

$$CS = (P_{mc} - P_n) * Q \quad (7)$$

که در آن  $P_{mc}$  قیمت اقتصادی برق که برای خانواده‌ها تامین می‌شود؛  $P_n$  تعرفه برق اعلام شده برای خانواده‌ها و  $Q$  میزان مصرف برق خانوارها است.

$P_{mc}$  را می‌توان با متوسط مجموع مولفه‌های زیر تعیین کرد ( $P_{wholesale}$ ) به این صورت که:

$$P_{mc} = (P_{wholesale}) + (P_{Transmission}) + (P_{distribution}) \quad (8)$$

$P_{wholesale}$ : نشان دهنده قیمت در بازار عمده‌فروشی و بازار ظرفیت

$P_{Transmission}$ : متوسط تعرفه برای خدمات انتقال برق، که برای سایر اقشار مصرف کننده با ولتاژ پایین تنظیم شده است.

$P_{distribution}$ : صرف فروش برای پرداخت زیر ساخت‌ها

نظریه بازارهای صنعتی روش رگولاتوری فعالیت‌های انحصار طبیعی را پیشنهاد می‌دهد که با تعیین تعرفه‌های عمده را نشان می‌دهد. در حال حاضر، خانوارها در برق تعرفه‌ی یک بخش دارند. تعرفه، که در آن صورت حساب نهایی متناسب با حجم مصرف برق است. مصرف برق این مقدار یارانه را افزایش می‌دهد و به دلیل ارتباط مستقیم بین افزایش درآمد خانوار و حجم مصرف برق مصرفی خانوار می‌باشد. تعرفه عمده همچنین اجازه محافظت اجتماعی از خانواده‌های فقیر را نیز می‌دهد.

$$P(Q) = \begin{cases} P_{soc}, Q_{soc} \in [0; Q_{soc}] \\ P_{rich}, Q_{rich} > Q_{soc} \end{cases} \quad (9)$$

قیمت برای مصرف کنندگان با تقاضای بی کشش  $P_{soc}$ :

قیمت برای مصرف کنندگان با تقاضای با کشش  $P_{rich}$ :

مصرف برق خانوارها  $Q_{rich}$ :

میزان الگوی مصرف / تعرفه‌های عمده  $Q_{soc}$ :

برای شناسایی قیمت‌های بهینه  $(Q_{SOC}, P_{SOC})$  برای دو دسته از مصرف‌کنندگان خانگی با اعمال تعرفه‌های عمده مدل زیر طراحی شد:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{SOC} = p(Q_{SOC}, I_{min}) \\ Q(P_{rich}, I_m) = Q_{SOC} \\ Q_{SOC} * (P_{SOC} - MC) + (P_{rich} - MC) * \int_{I_m}^{\infty} (Q(P_{rich}, I) - Q_{SOC}) * f(I) dI = Fc \end{array} \right. \quad (10)$$

$I_{min}$ : حداقل درآمد سرانه

$I_m$ : درآمد نهایی سرانه

MC: هزینه‌های تولید نهایی

$P_{rich}$ : درآمد برای مصرف‌کننده با تقاضای باکشش

I: درآمد سرانه

FC: هزینه‌های ثابت تولید

فرمول انتگرال در فرمول بالا، مصرف برق مصرف‌کنندگان را در تمام سطوح درآمد نشان می‌دهد.

$f(I)$  تابعی است که توزیع درآمد را توصیف می‌کند. این دو سهم باید به منظور پوشش دادن هزینه تولید برق و دو پارامتر تعدیل شده، دو سطح از تعرفه‌ها باشد.

محاسبات در چهار مرحله انجام شد. اول، محاسبه قیمت برای مصرف‌کنندگان با تقاضای  $(P_{SOC})$  تقاضای بی‌کشش. با توجه به معادله:

$$Q_{SOC} = a_1 + a_2 P_{SOC} + a_3 I_{min} + a_4 Q_{(t-1)} \quad (11)$$

$Q_{(t-1)}$ : مصرف برق دوره  $t-1$

دوم، محاسبه درآمد نهایی سرانه (I) توسط فرمول زیر انجام شده است.

$$\text{if } P_{rich} = P_{SOC}: Q_{SOC} = a_1 + a_2 P_{rich} + a_3 I_m + a_4 Q_{(t-1)} \quad (12)$$

در این معادله "a" ضرایب با ضرایب معادله قبل یکسان هستند

سوم، تابع عرضه محاسبه می‌شود:

$$C_t = MC * Q_t + FC \quad (13)$$

$C_t$ : هزینه‌های تضمینی برای عرضه کننده

$Q_t$ : مصرف برق در دوره  $t$

در نهایت، محاسبه نابرابری به صورت زیر انجام می‌شود:

$$(P_{rich} - MC) * \int_{I_m}^{\infty} (a_1 + a_2 P_{rich} + a_3 I + a_4 Q(1-t) - Q_{SOC}) * f(I) dI - (FC - Q_{SOC} * (P_{SOC} - MC)) > 0 \quad (14)$$

در صورتی که  $(14) > 0$  مقدار  $P_{rich}$  را 0.01 افزایش می‌دهیم و مراحل 38 و 40 را تکرار می‌کنیم. در حالی که  $(14) < 0$  تعیین می‌شود.

یک برنامه پایتون برای محاسبه فرمول آخر بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$S = (P_{rich} - MC) * \int_{I_{pred}}^{\infty} (Q(P_{rich}, I) - Q_{SOC}) * f(I) dI - (FC - Q_{SOC} * (P_{SOC} - MC)) > 0 \quad (15)$$

به طور خاص:

$$S = (P_{rich} - MC) * \int_{I_{pred}}^{\infty} (a_1 P_{rich} + a_2 I + a_3 Q(1-t) - Q_{SOC}) * f(I) dI - (FC - Q_{SOC} * (P_{SOC} - MC)) > 0 \quad (16)$$

پارامترهای برنامه عبارت‌اند از:

۱- تابع تقاضا طبق داده‌ها محاسبه می‌شود:

$$Q_t = a_1 + a_2 P + a_3 I + a_4 Q_{(t-1)} \quad (17)$$

۲-  $P_{SOC}$  محاسبه از فرمول،  $Q_{SOC}$  براساس داده‌های میانگین مصرف برق در یک منطقه مشخص می‌شود.

$$Q_{SOC} = a_1 + a_2 P_{SOC} + a_3 I_{min} + a_4 Q_{(t-1)} - a_2 P_{SOC} = -Q_{SOC} + a_1 + a_3 I_{min} + a_4 Q_{(t-1)} \quad (18)$$

$$P_{SOC} = Q_{SOC}/a_2 - a_1/a_2 - a_3 I_{min}/a_2 - a_4 Q_{(t-1)}/a_2 \quad (19)$$

۳- محاسبه  $I_m$  بر اساس فرمول اگر:  $P_{rich} = P_{SOC}$

$$Q_{SOC} = a_1 + a_2 P_{rich} + a_3 I_m + a_4 Q_{(t-1)} - a_3 I_m = -Q_{SOC} + a_1 + a_2 P_{rich} + a_4 Q_{(t-1)} \quad (20)$$

$$I_m = Q_{SOC}/a_3 - a_1/a_3 - a_2 P_{rich}/a_3 - a_4 Q_{(t-1)}/a_3 \quad (21)$$

۴- محاسبه تابع عرضه  $C_t = MC * Q_t + FC$  با توجه به داده‌ها.

۵- محاسبه نابرابری:

$$(P_{rich} - MC) * \int_{I_{pred}}^{\infty} (((a_1 * P_{rich} + a_2 * I + a_3 * Q(1 - t) - Q_{soc}) * f(I) dI - (FC - Q_{soc} * (P_{soc} - MC)) > 0 \quad (22)$$

در صورتی که  $(22) > 0$ ، ما مقدار  $P_{rich}$  را ۰.۰۱ افزایش می‌دهیم و مراحل ۲ و ۴ را تکرار می‌کنیم. در حالتی که  $(22) < 0$ ،  $P_{rich}$  تعیین می‌شود. (پروسکوریاکف و همکاران، ۲۰۲۰)

#### ۴- برآورد مدل

##### ۴-۱ برآورد یارانه پرداختی بخش خانگی کل کشور

تعرفه برق از اطلاعات سایت وزارت نیرو گرفته شده است. قیمت هر سال را بر نرخ ارز همان سال تقسیم کرده تا قیمت تبدیل به دلار شود سپس عدد حاصل شده را از مجموع  $MC+FC$  کم می‌کنیم تا قیمت نهایی تصویب شود.

برای به دست آوردن  $MC$  و  $FC$  هزینه‌های سطح‌بندی شده الکتریسته<sup>۱</sup> بر مبنای استاندارد جهانی نیروگاه سیکل ترکیبی، نیروگاه غالب در کشور استفاده شده است.

با توجه به اینکه اطلاعات میزان مصرف گرفته شده از سایت وزارت نیرو بر حسب واحد میلیون کیلووات بر ساعت بود آن‌ها را در یک میلیون ضرب کردیم تا واحد مصرف به کیلووات تبدیل شود.

الگو مصرف برق طبق اطلاعات موجود در سایت وزارت نیرو از سال ۱۳۸۵ اجرا شده است. الگو مصرف تعیین شده تا سال ۱۴۰۰ هیچ تغییری نکرده است و در تمام این ۱۶ سال متوالی برای هر خانوار برابر با ۲۵۹/۱۳۵ کیلووات بر ساعت می‌باشد. الگو مصرف تعیین شده به این صورت محاسبه شده است که: الگو مصرف در مناطق عادی، سردسیر و گرمسیر<sup>۲</sup> متفاوت است. با توجه به اطلاعات وزارت نیرو تعداد استان‌های هر منطقه را در الگو مصرف تعیین شده در آن منطقه ضرب کرده و سپس همه را با هم جمع کرده و میانگین وزنی می‌گیریم الگو مصرف حاصله به دست می‌آید.

حال برای به دست آوردن الگو مصرف نهایی هر سال عدد ۲۵۹/۱۳۵ را در تعداد خانوارهای همان سال ضرب می‌کنیم تا به نتیجه مورد نظر برسیم.

<sup>۱</sup> Levelized Cost of Energy (ICOE)

<sup>۲</sup> به طور کلی ایران به چهار منطقه گرمسیر، نیمه گرمسیر و منطقه سردسیر و منطقه عادی تقسیم می‌شود.

در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ که الگو مصرفی وجود نداشت برای به دست آوردن الگو فرضی درصد نرخ رشد مصرف در سال‌های ۸۰ و ۸۵ را با هم جمع می‌کنیم و میانگین می‌گیریم سپس میانگین حاصل شده را از ۲۵۹/۱۳۵ کم می‌کنیم تا الگو مصرف این سال‌ها به دست آید که برابر می‌شود با ۲۴۱/۷۷۲ کیلووات ساعت. سپس این الگو مصرف را در تعداد خانوارهای سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ ضرب می‌کنیم تا الگو مصرف نهایی این سال‌ها مشخص شود.

برای به دست آوردن درآمد سالیانه تمام درآمدهای خانوارهای روستایی و شهری در یک سال را با هم جمع کرده و میانگین گرفتیم تا میانگین شهری و روستایی بدست آید سپس از میانگین شهری و روستایی به دست آمده مجدداً میانگین گرفته و در تعداد خانوارهای همان سال ضرب کردیم. درآمد حاصله برحسب ریال می‌باشد پس برای تبدیل به دلار بر نرخ ارز همان سال تقسیم کردیم در نهایت درآمد سالیانه برحسب دلار به دست می‌آید.

در مرحله بعد ما به حداقل و حداکثر درآمد سالیانه نیاز داریم.

برای به دست آوردن حداقل درآمد سالیانه حداقل دستمزد ماهیانه هر خانوار را به دست آورده در تعداد ماه‌های سال ضرب می‌کنیم تا حداقل درآمد سالیانه هر خانوار را به دست آوریم. سپس با تقسیم بر نرخ ارز همان سال می‌کنیم تا حداقل درآمد به دلار تبدیل شود.<sup>۱</sup>

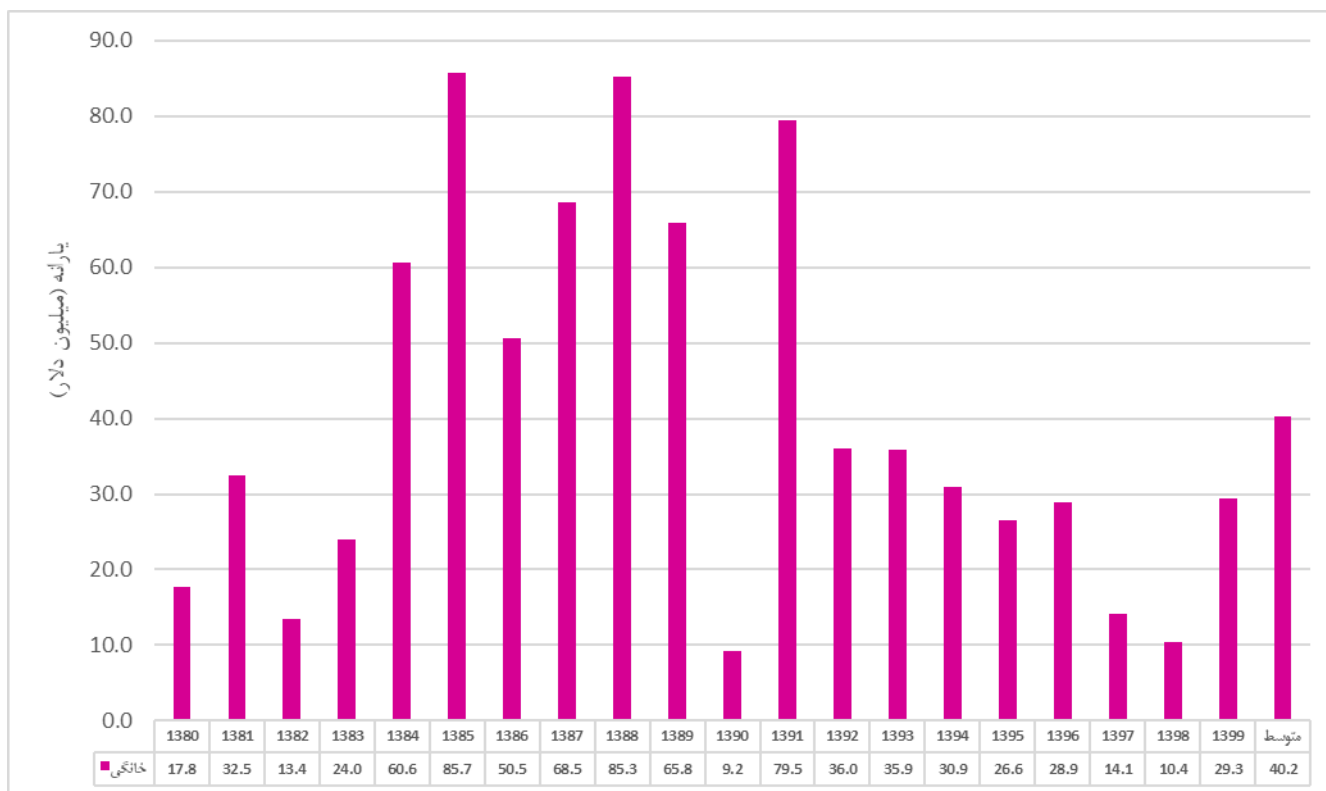
برای به دست آوردن حداکثر درآمد سالیانه با توجه به اینکه به طور دقیق نمی‌توان درآمد خانوار با دهک‌های بالا را به دست آورد از بین تمامی درآمدهای گرفته شده از سایت آمار و بودجه کشور بالاترین درآمد را در هر سال انتخاب می‌کنیم و با تقسیم بر نرخ ارز همان سال تبدیل به دلار می‌کنیم.<sup>۲</sup>

در نهایت تمامی اطلاعات به دست آمده را در فایل اکسل مرتب می‌کنیم. سپس با توجه به کدنویسی فرمول‌های که در فصل سوم ذکر شد در فضای پایتون و اجرای برنامه به جواب نهایی می‌رسیم.

نمودار ۴-۱ یارانه‌های پرداختی در بخش خانگی را طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۹ نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> برای به دست آوردن حداقل درآمد یک خانوار در هر سال به سایت بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران مراجعه می‌کنیم.

<sup>۲</sup> از حداکثر و حداقل درآمد سالیانه برای کران‌های بالا و پایین انتگرال مدل نظری استفاده خواهیم کرد.



### نمودار ۱ روند یارانه پرداختی کل خانوارهای کشور طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹

همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می‌کنید متوسط یارانه خانگی ۴۰ میلیون دلار می‌باشد. روند تغییرات بعد از هدفمند کردن یارانه‌ها کاهشی بوده است. در سال‌های رونق اقتصادی "دهه‌ی هشتاد" مصرف بیشتر و در سال‌های رکود اقتصادی مصرف کمتر شده است.

### ۲-۳-۴- برآورد یارانه پرداختی استان‌های کل کشور طی سال‌های ۹۸-۹۶

در این قسمت تمام استان‌های ایران را طی سال‌های ۹۶-۹۷-۹۸ بررسی و محاسبه می‌کنیم و در نهایت آن‌ها را با توجه به سال مورد نظر با هم مقایسه خواهیم کرد.

Mc و Fc استان‌ها دقیقاً همانند بخش خانگی می‌باشد.

برای محاسبه قیمت برق استان‌ها قیمت برق را طی سال مورد نظر با توجه به اطلاعات گرفته شده از وزارت نیرو داریم. حال با توجه به اینکه هر استان در یکی از مناطق گرمسیر، سردسیر و عادی قرار دارد باید قیمت برق را طی میزان مصرفی که در استان‌ها رخ می‌دهد محاسبه کنیم. برای مثال استان کرمان به دو ناحیه گرم و عادی تقسیم می‌شود. ۴۰ درصد از میزان مصرف برق در منطقه گرمسیری و ۶۰ درصد از میزان مصرف در منطقه عادی می‌باشد. در ادامه ۴۰ درصد

مصرفی که محاسبه کردیم را ضرب در قیمت اولیه می‌کنیم و همین کار را با ۶۰ درصد مصرف انجام می‌دهیم. سپس دو قیمت جدید به دست آمده را باهم جمع کرده و میانگین می‌گیریم تا قیمت نهایی برای هر سال به دست آید. همین عمل را برای تک تک استان‌ها با توجه به قرار گرفتن استان در هر یک از مناطق اقلیمی با توجه به میزان مصرف برق استان در هر یک از سال‌ها انجام می‌دهیم تا قیمت نهایی برق هر یک از استان‌ها به دست آید.<sup>۱۹</sup>

برای محاسبه میزان مصرف برق هر استان در ابتدا با توجه به اینکه اطلاعات میزان مصرف برق گرفته شده استان‌ها از سایت وزارت نیرو برحسب واحد گیگاوات بر ساعت بود آن‌ها را در یک میلیون کیلووات ضرب کردیم تا واحد مصرف به کیلووات ساعت تبدیل شود. سپس مصرف به دست آمده را تقسیم بر تعداد خانوارهای استان طی سال مورد نظر می‌کنیم تا متوسط مصرف استانی طی یک سال به دست آید. حال چون یارانه را در استان‌ها به صورت ماهیانه محاسبه می‌کنیم متوسط مصرف را تقسیم بر تعداد ماه‌های سال می‌کنیم تا مصرف برق نهایی استان به دست آید.

همانطور که در بخش اول محاسبات توضیح دادیم میزان الگو مصرف طی سال‌های ۹۸-۹۶ برابر با ۲۵۹/۱۳۵ کیلووات ساعت برای هر نفر می‌باشد. حال تعداد خانوار<sup>۲۰</sup> های هر استان را طی سال مورد نظر ضرب در الگو مصرف می‌کنیم تا الگو مصرف نهایی استان‌ها را به دست آوریم.

برای به دست آوردن درآمد خانوارهای هر استان مجبور به استفاده از ترازنامه انرژی و میزان Gdp طی سال‌های مورد نظر شدیم زیرا اطلاعات دقیقی از درآمد خانوارها در استان‌ها در دسترس نبود.

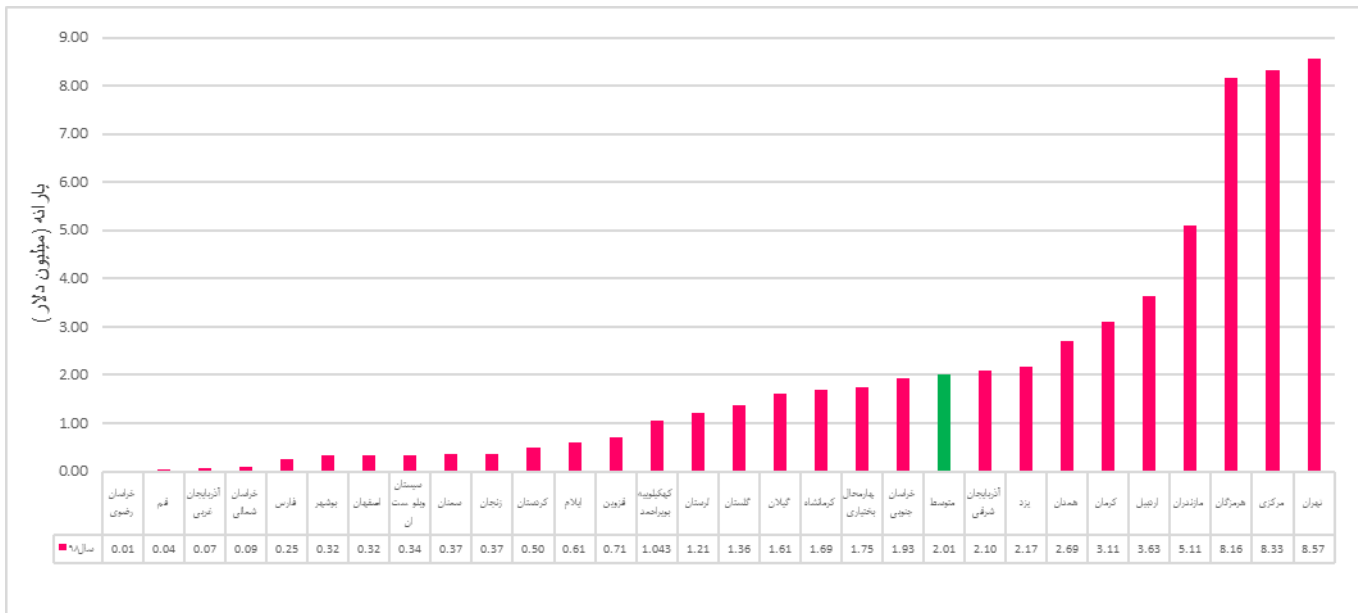
برای محاسبه درآمد ۶۰ درصد از مقدار Gdp هر سال را با احتساب قیمت نفت در نظر می‌گیریم. میزان Gdp در ترازنامه انرژی بر حسب میلیون ریال می‌باشد برای تبدیل کردن به ریال ضرب در یک میلیون می‌کنیم سپس برای تبدیل کردن به دلار تقسیم بر نرخ ارز سال مورد نظر می‌کنیم تا درآمد حاصل شده تبدیل به دلار شود. در نهایت برای به دست آوردن درآمد ماهیانه هر یک از استان‌ها درآمد دلاری را تقسیم بر تعداد ماه‌های سال می‌کنیم تا درآمد نهایی ماهیانه به دست آید.

در آخرین محاسبات نیازمند به حداقل و حداکثر درآمد استان‌ها می‌باشیم. برای به دست آوردن آن‌ها باید ابتدا میزان انحراف معیار درآمد سالیانه را محاسبه کنیم. بعد از آن انحراف معیار به دست آمده را دو برابر می‌کنیم. سپس برای به دست آوردن حداکثر درآمد دوبرابر انحراف معیار را با درآمد سالیانه جمع می‌کنیم سپس بر تعداد ماه‌های سال تقسیم می‌کنیم تا حداکثر درآمد ماهیانه هر سال به دست آید و برای محاسبه حداقل میزان درآمد، درآمد سالیانه را از دوبرابر انحراف معیار کم می‌کنیم اگر نتیجه محاسبه منفی شد به جای حداقل درآمد صفر می‌گذاریم و در غیر این صورت عدد حاصل شده را بر تعداد ماه‌های سال تقسیم می‌کنیم تا حداقل درآمد ماهیانه محاسبه شود.

<sup>۱۹</sup> اطلاعات اقلیمی استان‌ها را از سایت وزارت نیرو گرفتیم.

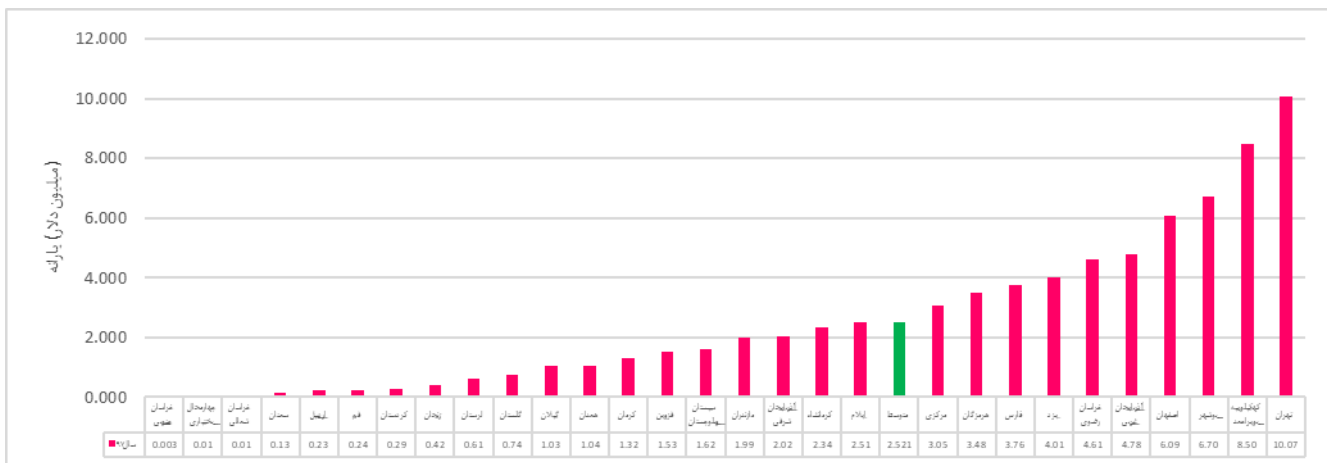
<sup>۲۰</sup> تعداد خانوارهای استان‌ها را از سایت آمار ایران استخراج کردیم.

در نهایت تمامی اطلاعات به دست آمده را در فایل اکسل مرتب می‌کنیم. سپس با توجه به کدنویسی فرمول‌های که در فصل سوم ذکر شد در فضای پایتون و اجرای برنامه به جواب نهایی می‌رسیم.



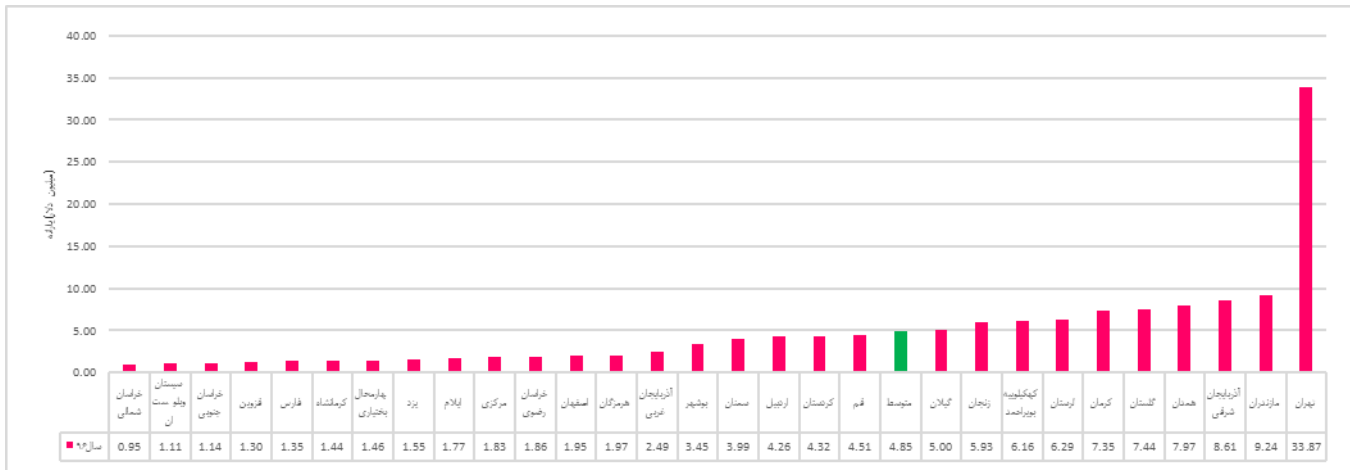
### نمودار ۲ روند یارانه پرداختی استان‌های کشور در سال ۹۸

نمودار ۲ نشان دهنده میزان یارانه پرداختی استان‌های کشور ایران در سال ۹۸ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی ۲/۰۱ میلیون دلار می‌باشد. بیشترین میزان مصرف برق مربوط به استان‌های تهران و کمترین میزان مصرف مربوط به استان خراسان رضوی است.



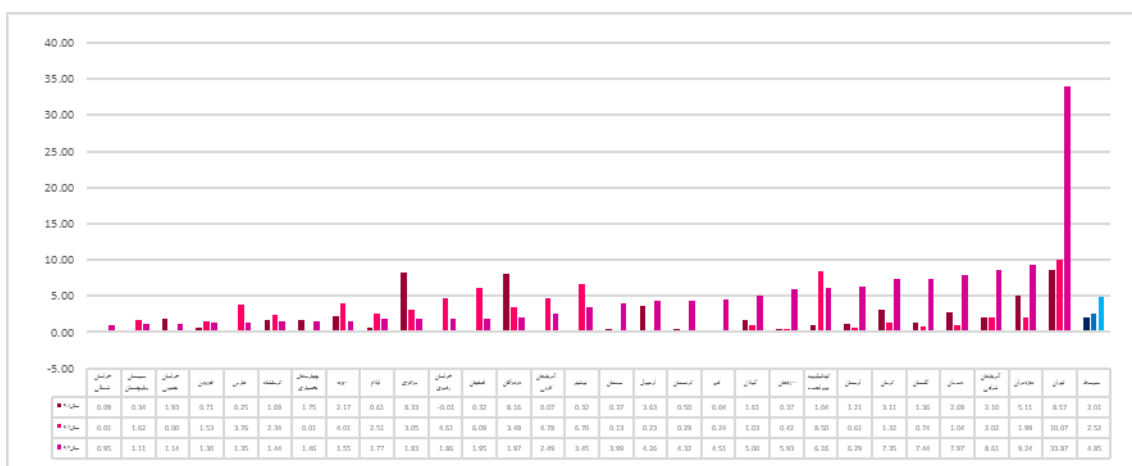
### نمودار ۳ روند یارانه پرداختی استان‌های کشور در سال ۹۷

نمودار ۳ نشان دهنده میزان یارانه پرداختی استان های کشور ایران در سال ۹۷ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی ۲/۵۲۱ میلیون دلار می‌باشد. بیشترین میزان مصرف برق مربوط به استان تهران و کمترین میزان مصرف مربوط به استان خراسان جنوبی است.



#### نمودار ۴ روند یارانه پرداختی استان های کشور در سال ۹۶

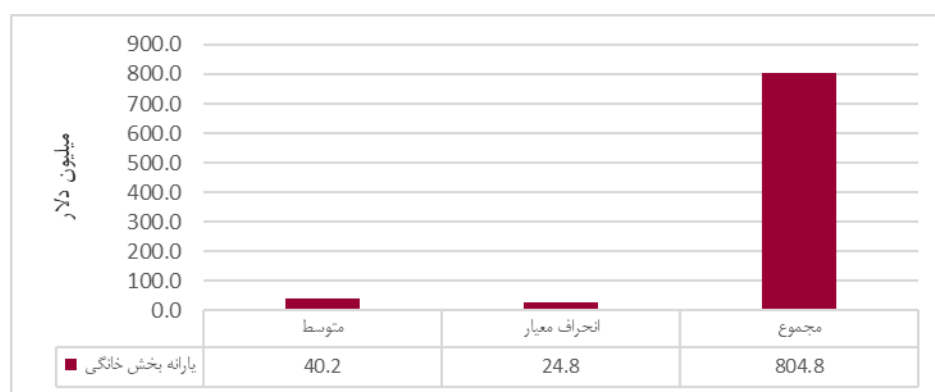
نمودار ۴ نشان دهنده میزان یارانه پرداختی استان های کشور ایران در سال ۹۶ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی ۴/۸۵ میلیون دلار می‌باشد. بیشترین میزان مصرف برق مربوط به استان تهران و کمترین میزان مصرف مربوط به استان خراسان شمالی است.



#### نمودار ۵ روند یارانه پرداختی استان های کشور طی سال های ۹۶-۹۸

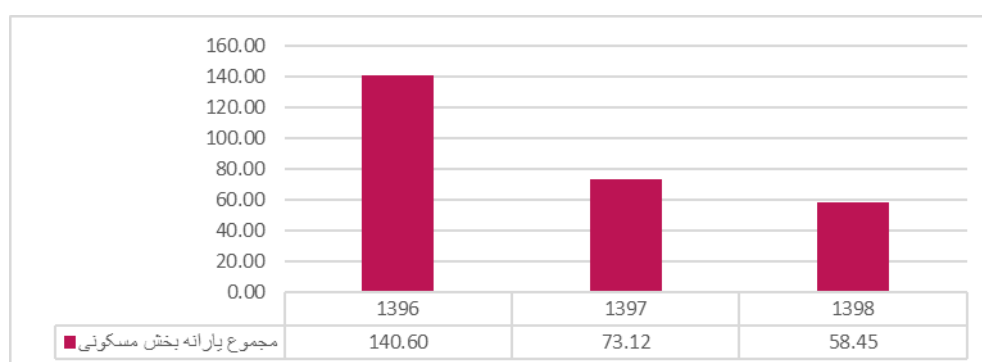
نمودار ۵ نشان دهنده میزان یارانه پرداختی در طی سال‌های ۹۶-۹۸ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی در سال ۹۸ کمتر از سال‌های دیگر می‌باشد. استان تهران در سال ۹۶ بیشترین میزان پرداخت یارانه در این سه سال را دارد. کمترین میزان پرداخت یارانه مربوط به استان خراسان رضوی در سال ۹۸ می‌باشد.

براساس مدل‌سازی که در قسمت قبل ذکر شد انحراف الگو مصرف کشور از قیمت‌های تمام شده جهانی محاسبه شد و براساس نمودار ۶ مجموع یارانه پرداختی به خانوارها در طی دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۹ برابر با ۸۰۴/۸ میلیون دلار و متوسط یارانه پرداختی ۴۰/۲ میلیون دلار و انحراف معیار برابر با ۲۴/۸ می‌باشد.



نمودار ۶ مجموع و متوسط یارانه پرداختی به بخش خانگی طی دوره ۱۳۸۰-۱۳۹۹

نمودار زیر مقدار کل یارانه ای را نشان می‌دهد که دولت به خانوارها در استان‌های کشور طی سال‌های ۹۸-۹۶ می‌پردازد.



نمودار ۷ مقدار کل یارانه پرداختی طی سال‌های ۹۸-۹۶

طبق نمودار بالا بیشترین یارانه در سال ۱۳۹۶ برابر با ۱۴۰/۶۰ میلیون دلار و کمترین یارانه برای سال ۱۳۹۸ برابر با ۵۸/۴۵ میلیون دلار می‌باشد.

## ۵- نتیجه‌گیری

متوسط یارانه خانگی ۴۰ میلیون دلار می‌باشد. روند تغییرات بعد از هدفمند کردن یارانه‌ها کاهشی بوده است. در سال‌های رونق اقتصادی "دهه‌ی هشتاد" مصرف بیشتر و در سال‌های رکود اقتصادی مصرف کمتر شده است.

مجموع یارانه پرداختی به خانوارها در طی دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۸۰ برابر با ۸۰۴/۸ میلیون دلار و متوسط یارانه پرداختی ۴۰/۲ میلیون دلار و انحراف معیار برابر با ۲۴/۸ می‌باشد. میزان یارانه پرداختی استان‌های کشور ایران در سال ۹۸ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی ۲/۰۱ میلیون دلار می‌باشد. بیشترین میزان مصرف برق مربوط به استان‌های تهران و کمترین میزان مصرف مربوط به استان خراسان رضوی است.

میزان یارانه پرداختی استان‌های کشور ایران در سال ۹۷ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی ۲/۵۲۱ میلیون دلار می‌باشد. بیشترین میزان مصرف برق مربوط به استان تهران و کمترین میزان مصرف مربوط به استان خراسان جنوبی است.

یارانه پرداختی استان‌های کشور ایران در سال ۹۶ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی ۴/۸۵ میلیون دلار می‌باشد. بیشترین میزان مصرف برق مربوط به استان تهران و کمترین میزان مصرف مربوط به استان خراسان شمالی است.

بیشترین یارانه در سال ۱۳۹۶ برابر با ۱۴۰/۶۰ میلیون دلار و کمترین یارانه برای سال ۱۳۹۸ برابر با ۵۸/۴۵ میلیون دلار می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی استان تهران طی این سه سال ۱۷/۵۰ می‌باشد. که بیشترین میزان پرداخت یارانه مربوط به سال ۱۳۹۶ و کمترین میزان پرداخت مربوط به سال ۱۳۹۸ می‌باشد.

از لحاظ پرداخت یارانه در بین استان‌ها بیشترین میزان یارانه مربوط به استان تهران می‌باشد. براساس برآورد مدل یک را بطنه مثبت بین سطح توسعه یافتگی استان و میزان یارانه پرداختی برق وجود دارد. براساس برآورد مدل استان‌هایی مانند بوشهر و هرمزگان یارانه‌ای بیشتر از سایر استان‌ها می‌پردازند پس یک رابطه مثبت بین اقلیم استان‌ها و میزان یارانه پرداختی برق وجود دارد.

براساس محاسبات تحقیق استان خراسان جنوبی کمترین میزان یارانه برق را دریافت کرده است. به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌شود سیاست تبعیض تعرفه‌ای به نفع مناطق کم برخوردار را اجرا کند.

استفاده از الگو مصرف و تعرفه‌های پله‌ای بعد از هدفمند کردن یارانه‌ها باعث کاهش یارانه پرداختی دولت شده است بنابراین پیشنهاد می‌شود طراحان تعرفه سیاست منطقی و واقعی کردن تعرفه برق را به عنوان یک سیاست اصلاح الگو مصرف مدنظر قرار دهند.

## فهرست منابع و مآخذ:

- بزازان، ف.، و موسوی، م.، و قشمی، ف. (۱۳۹۴)، تاثیر هدفمندی یارانه انرژی برق بر تقاضای خانوارها به تفکیک شهر و روستا در ایران (یک رهیافت سیستمی). اقتصاد انرژی ایران (اقتصاد محیط زیست و انرژی)، ۴(۱۴)، ۱-۳۲.
- جوان، حمید (۱۳۹۳). تاثیر هدفمند کردن یارانه ها بر درآمد و هزینه شرکت فرودگاه‌های کشور ( فرودگاه یزد). سمپوزیوم بین‌المللی علوم مدیریت.
- حیدری، حسن، نجارفیروزجایی، محمد، و سعیدپور، لسیان. (۱۳۹۰). بررسی رابطه بین مصرف برق، قیمت برق و رشد اقتصادی در ایران. پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۱۹(۵۹)، ۱۷۵-۱۹۹.
- دریکوند اکرم، عسگری حشمت‌الله. (۲۰۲۱)، برآورد اثرات کوتاه مدت و بلند مدت قیمت برق بر تقاضای برق خانگی در استان‌های ایران. توسعه و سرمایه، ۵(۲)، ۳۱-۴۵.
- رسولی، محمدرضا. (۱۳۹۱). نقش رسانه‌ها در نهادینه کردن فرهنگ مدیریت مصرف برق. فرهنگ ارتباطات، ۲(۵)، ۹۳-۱۰۵.
- سایت بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، نتایج حاصل از میزان دستمزد خانوارهای ایران طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۹.
- سایت مرکز آمار ایران، نتایج بررسی بودجه خانوارهای شهری و روستایی ایران.
- سایت وزارت نیرو، نتایج بررسی الگو مصرف خانوارهای ایران و میزان مصرف برق استان‌ها.
- فتاحی، شهرام، بهاری پور، سحر، و رضائی، الهام. (۱۳۹۵). ارزیابی تاثیر ساختار جمعیت بر مصرف برق (مطالعه موردی مقایسه مصرف انرژی برق استان‌های غرب و شرق کشور). کیفیت و بهره‌وری در صنعت برق ایران، ۵(۱۰)، ۱-۱۳.
- محمدی، ت.، و کروکی، م. (۱۳۹۳). مقایسه تابع تقاضای خانگی برق استانهای سرد و گرم کشور. مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۰(۴۰)، ۱-۲۰.
- موسوی اهرنجانی، پ.، و قادری، س.، و آزاده، م. (۱۳۸۶)، شبیه‌سازی تقاضای برق صنایع ایران با استفاده از سیستم داینامیک. دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۴۱(۷) (پیاپی ۱۰۹)، ۹۴۳-۹۵۳.

Burke, P. J., & Kurniawati, S. (2018). Electricity subsidy reform in Indonesia: Demand-side effects on electricity use. *Energy Policy*, 116, 410-421.

Castillo, V. Z., De Boer, H. S., Muñoz, R. M., Gernaat, D. E., Benders, R., & van Vuuren, D. (2022). Future global electricity demand load curves. *Energy*, 258, 124741.

Dias-Bandaranaïke, R., & Munasinghe, M. (1983). The demand for electricity services and the quality of supply. *The Energy Journal*, 4(2).

Hartman, R. S. (1983). The estimation of short-run household electricity demand using pooled aggregate data. *Journal of Business & Economic Statistics*, 1(2), 127-135.

Ilyas, R., Hussain, K., Ullah, M. Z., & Xue, J. (2022). Distributional impact of phasing out residential electricity subsidies on household welfare. *Energy Policy*, 163, 112825.

Ioannidis, F., Kosmidou, K., Savva, C., & Theodossiou, P. (2021). Electricity pricing using a periodic GARCH model with conditional skewness and kurtosis components. *Energy Economics*, 95, 105110.

Khalid, S. A., & Salman, V. (2020). Welfare impact of electricity subsidy reforms in Pakistan: a micro model study. *Energy Policy*, 137, 111097.

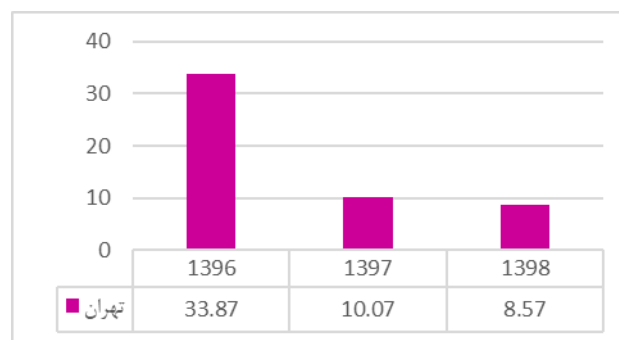
Proskuryakova, L., Starodubtseva, A., & Bianco, V. (2020). Modelling a household tariff for reducing sectoral cross-subsidies in the Russian power market. *Energy*, 213, 118725

Reiss, P. C., & White, M. W. (2005). Household electricity demand, revisited. *The Review of Economic Studies*, 72(3), 853-883.

Tolstyakova, O. V., & Batyrova, N. T. (2022). Methods of optimising tariff regulation in the electric power industry. *The Electricity Journal*, 35(2), 107083.

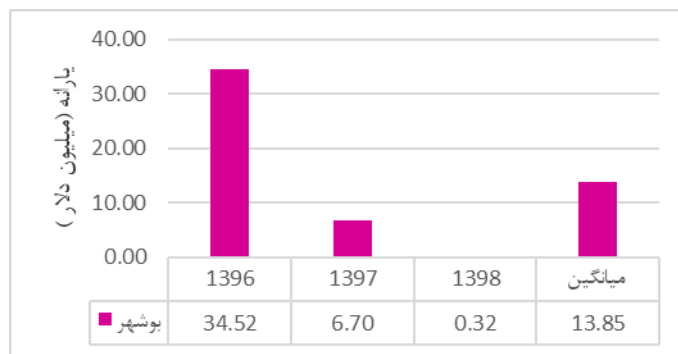
Wang, Y., & Lin, B. (2021). Performance of alternative electricity prices on residential welfare in China. *Energy Policy*, 153, 112233.

ضمیمه:



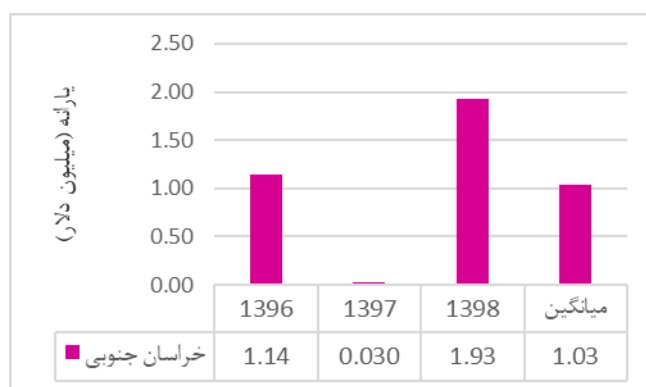
نمودار ۸ روند یارانه پرداختی استان تهران

نمودار ۸ نشان دهنده میزان یارانه پرداختی استان تهران طی سال‌های ۹۸-۹۶ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی طی این سه سال ۱۷/۵۰ می‌باشد. بیشترین میزان پرداخت یارانه مربوط به سال ۱۳۹۶ و کمترین میزان پرداخت مربوط به سال ۱۳۹۸ می‌باشد.



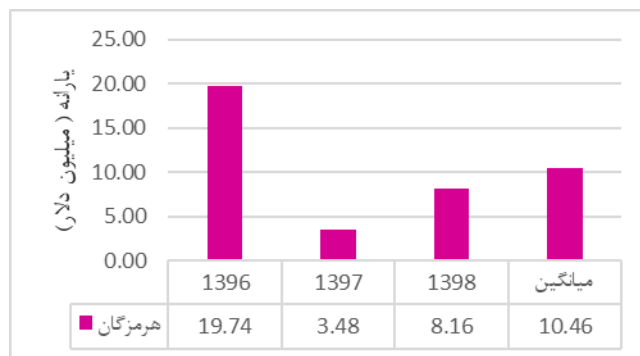
نمودار ۹ روند یارانه پرداختی استان بوشهر

نمودار ۹ نشان دهنده میزان یارانه پرداختی استان بوشهر طی سال‌های ۹۸-۹۶ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی طی این سه سال ۱۳/۸۵ می‌باشد. بیشترین میزان پرداخت یارانه مربوط به سال ۱۳۹۶ و کمترین میزان پرداخت مربوط به سال ۱۳۹۸ می‌باشد.



نمودار ۱۰ روند یارانه پرداختی استان خراسان جنوبی

نمودار ۱۰ نشان دهنده میزان یارانه پرداختی استان خراسان جنوبی طی سال‌های ۹۸-۹۶ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی طی این سه سال ۱/۰۳ می‌باشد. بیشترین میزان پرداخت یارانه مربوط به سال ۱۳۹۸ و کمترین میزان پرداخت مربوط به سال ۱۳۹۷ می‌باشد.



نمودار ۱۱ روند یارانه پرداختی استان هرمزگان

نمودار ۱۱ نشان دهنده میزان یارانه پرداختی استان هرمزگان طی سال‌های ۹۸-۹۶ می‌باشد. متوسط یارانه پرداختی طی این سه سال ۱۰/۴۶ می‌باشد. بیشترین میزان پرداخت یارانه مربوط به سال ۱۳۹۶ و کمترین میزان پرداخت مربوط به سال ۱۳۹۷ می‌باشد.