

مجله اقتصادی

شماره‌های ۷ و ۸، مهر و آبان ۱۳۹۶، صفحات ۳۹-۲۳

## برآورد و بررسی تابع تقاضای برق ایران در سه بخش صنعت، خانگی و کشاورزی

صغری قره‌باغی

کارشناس ارشد دانشگاه صنعت نفت

Torkan\_sg@yahoo.com

علی امامی میبیدی

دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی

emami@atu.ac.ir

امروزه صنعت برق با توجه به ایفای نقش عمده در رشد و توسعه اقتصادی کشورها، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و سایر جنبه‌های زندگی بشر، حفظ امنیت ملی کشور و همچنین عدم وجود جانشین‌های قوی، به یک کالای استراتژیک مبدل شده است. هدف این مقاله بررسی عوامل تأثیرگذار بر روند مصرف برق در بخش‌های صنعت، خانگی و کشاورزی است که در راستای این هدف تابع تقاضای برق در سه بخش فوق‌الذکر به کمک داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۹۲ به روش OLS تخمین زده می‌شوند. نتایج تحقیق گویای این هست که ارتباط معناداری بین مصرف انرژی الکتریکی با تعداد مشترکین به ویژه در بخش خانگی و ارزش افزوده در بخش صنعت وجود دارد. همچنین شاخص قیمت انرژی محاسبه شده در این تحقیق نشانگر عدم وجود جانشین مؤثر و قوی برای برق در هر سه بخش است. واژگان کلیدی: تابع تقاضای برق، صنعت، خانگی، کشاورزی.

## ۱. مقدمه

نیاز روزافزون به مصرف انرژی در بخش‌های مختلف هر اقتصادی در راستای رشد و توسعه اقتصادی بر هیچ کشوری پوشیده نیست. تأمین انرژی موردنیاز این بخش‌ها در گرو برنامه‌ریزی‌های مدیریتی مناسب جهت تولید و بهره‌برداری از انرژی در کنار فاکتورهای اساسی دیگر نظیر تکنولوژی، سرمایه‌گذاری، نیروی انسانی، مواد اولیه و ... است. با توجه به رو به اتمام بودن سوخت‌های فسیلی، جایگاه انرژی الکتریسیته با استناد به این جمله که «انرژی الکتریسیته هیچ‌گاه از بین نمی‌رود بلکه از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌شود» به عنوان یک انرژی مستمر و مداوم در اقتصاد هر کشوری کاملاً روشن می‌شود.

شاخص قیمت‌های انرژی در ایران نسبت به سایر کشورهای توسعه‌یافته به دلیل عدم امکان ذخیره‌سازی انبوه، وجود انحصار در بخش انتقال نیرو و همچنین به دلیل یارانه‌ای بودن انرژی، بسیار پایین است. پایین بودن قیمت برق در ایران سبب شده است مصرف‌کنندگان به اصلاح الگوی مصرف و همچنین افزایش بهره‌وری رغبتی نشان ندهند، از طرفی قیمت پایین برق باعث شده تولیدکنندگان انحصاری این کالای استراتژیک، برای اصلاح ساختار کاهش تلفات انرژی و بهبود فرایند تولید در جهت افزایش سوددهی، انگیزه‌ای نداشته باشند. اقتصاددانان گذر از انحصار برق را تنها در آزادسازی اقتصاد می‌دانند. با توجه به تجارب کشورهای توسعه‌یافته این نتیجه حاصل می‌شود که بخش خصوصی در این کشورها تنها از طریق افزایش بهره‌وری و سطح تکنولوژی می‌تواند به سود بیشتر با هزینه‌های کمتر دست یابد.

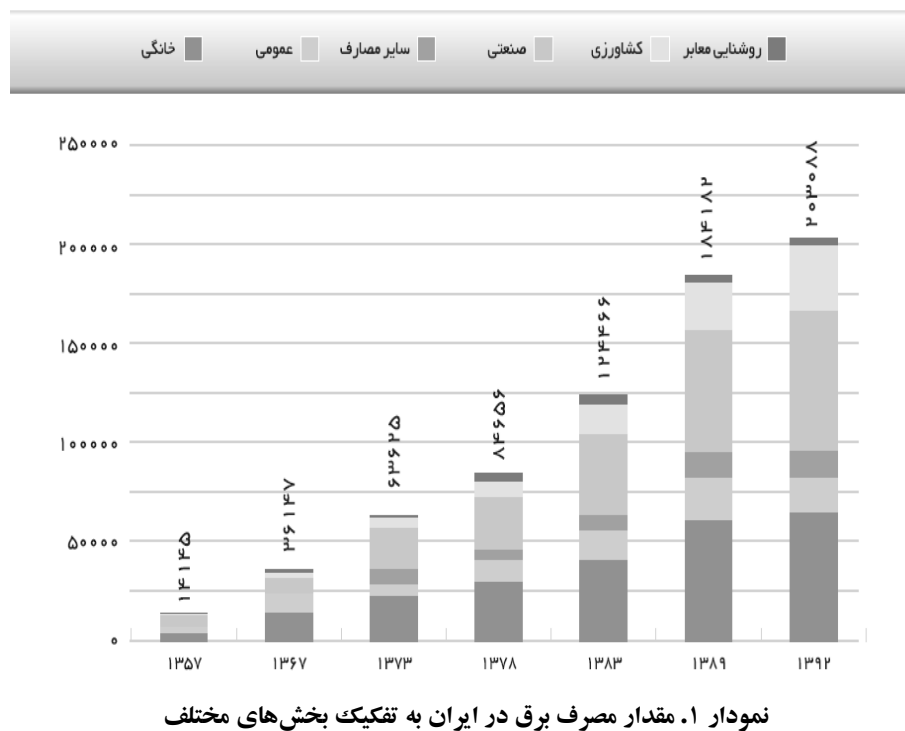
طبق آمار ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲ ظرفیت نیروگاهی نصب شده در جهان حدود ۵۵۴۹ گیگاوات است که از این میان ۲۲۷۵۲ گیگاوات ساعت آن متعلق به انرژی الکتریکی تولید شده است که حدوداً ۹۲ درصد آن مصرف می‌شود. کل برق تولیدی جهان تقریباً ۴۰ درصد از منابع زغال سنگ، ۲۳ درصد از منابع گاز طبیعی، ۲۱ درصد از منابع انرژی تجدیدپذیر، ۱۲ درصد از منابع هسته‌ای و ۴ درصد از نفت و فرآورده‌های نفتی است.

مصرف کل جهان از برق ۱۸۹۱۱۷۹۳ گیگاوات ساعت است که از این میان سهم بخش خانگی ۲۶ درصد صنعت ۴۲ درصد و کشاورزی ۲/۷ درصد است. ایران با ظرفیت حدوداً ۷۰ گیگاوات در

رتبه چهاردهم به لحاظ ظرفیت، در رتبه ۱۸ جهان به لحاظ تولید، به لحاظ مصرف در رتبه نوزدهم، در رتبه هشتم اتلاف انرژی برق و از نظر صادرات برق در رتبه نهم قرار دارد.

آن گونه که از ترازنامه انرژی ۱۳۹۲ برمی آید، معادل تولید ۸ نیروگاه، انرژی برق در ایران اتلاف می شود که انتظار می رود بخش خصوصی با اصلاح بازار، این هزینه های اتلاف شده را از طریق صادرات کاهش دهد. طبق آمار و ارقام ترازنامه سال ۱۳۹۲ میزان تلفات برق در نیروگاه ها، شبکه انتقال و توزیع مجموعاً ۲۱/۶۸ درصد است.

کل برق مصرفی در سال های ۱۳۸۳، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ به ترتیب برابر با ۱۲۴۴۶۶، ۱۸۴۱۸۲ و ۲۰۳۰۸۸ گیگاوات ساعت است.



منبع: گزارش ۴۷ سال صنعت برق ایران در آئینه آمار (۴۶-۹۲)

حتی در رابطه با اتلاف انرژی نیز آمار نشانگر افزایش اتلاف انرژی در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال قبل از طرح هدفمندی یارانه بودجه که این امر حاکی از ضعف عملکرد این طرح بوده است و نیاز به برنامه ریزی های مدیریتی در کشور کاملاً ملموس است.

طبق آمار در دسترس، میزان برق مصرفی در بخش های خانگی و صنعتی بسیار بالا است. در سال ۱۳۹۲ میزان برق مصرفی در بخش خانگی به بیش از ۶۴۳۷۹ گیگاوات ساعت رسید و ۳۱/۶ درصد از کل فروش برق وزارت نیرو را به خود اختصاص داد. بخش صنعت در همین سال ۳۴/۷ درصد و بخش کشاورزی نیز ۱۶/۳ درصد از کل فروش برق وزارت نیرو را به خود اختصاص دادند. رشد مصرف برق در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۹۱، به ترتیب برای بخش های خانگی، صنعت و کشاورزی برابر با ۴/۹ درصد، ۵/۸ درصد و ۴/۶ درصد محاسبه شده است. مصرف بالای برق در بخش کشاورزی عمدتاً به خاطر سهم بالای این بخش از یارانه ها و همچنین برقی شدن چاه های آب است. همچنین رشد ۵/۸ درصدی مصرف برق در بخش صنعت برای کشوری که در حال توسعه بوده و نیاز به رشد اقتصادی بالایی دارد رقم بسیار ناچیزی است.

با توجه به جایگاه ایران در صنعت برق جهان، میزان مصرف برق و همچنین در صد تلفات این انرژی حیاتی در طی سال های اخیر اهمیت صنعت برق برای همگان آشکار است. حال سؤال اصلی این مقاله این است چه رابطه ای بین متغیرهای تأثیرگذار بر الگوی مصرف برق و تقاضای برق در سه بخش صنعت، خانگی و کشاورزی وجود دارد؟ و آیا الگوی مصرف برق در این بخش ها بهینه است یا خیر؟

در راستای پاسخ به سؤال فوق با استفاده از داده های سری زمانی سال های ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۲ (داده های مورد نیاز تا این سال موجود است) مؤثر در مصرف برق، تابع تقاضای برق را از طریق روش اقتصادسنجی حداقل مربعات معمولی (OLS) برای سه بخش صنعت، خانگی و کشاورزی برآورد کرده ایم که البته قبل از برآورد این آزمون نا پایایی داده های سری زمانی با استفاده از روش دیکی- فولر (ADF) مرتفع شده است.

در این مقاله ابتدا به بررسی مطالعات پژوهشی پیشین مرتبط پرداخته می شود. پس از آن با معرفی متغیرهای لازم و مورد استفاده، چارچوب نظری و روش تحقیق پژوهش حاضر بیان شده و به تخمین مدل رگرسیونی و تحلیل یافته ها پرداخته می شود. در نهایت نتایج حاصل از تخمین و برآورد مدل، بررسی و تحلیل می شوند.

## ۲. پیشینه پژوهش

در دهه‌های اخیر مطالعات فراوانی در زمینه تخمین تابع تقاضای برق در بخش‌های مختلف به ویژه صنعت انجام شده است، که دستاورد اغلب این مطالعات، پایین بودن کشش قیمتی تقاضای برق و بالا بودن کشش درآمدی تقاضای برق است. در ادامه به بررسی تعدادی از مطالعات سابق و مرتبط با تحقیق حاضر می‌پردازیم.

آنگک<sup>۱</sup> (۱۹۸۸)، با بهره‌گیری از متغیرهای قیمت و مصرف سرانه برق با یک دوره تأخیر و همچنین درآمد داخلی سرانه به تخمین تابع تقاضای چهار کشور مالزی، سنگاپور، تایوان و تایلند پرداخت و این‌گونه نتیجه گرفت که در کشورهای با درآمد سرانه بالا، ضریب کشش درآمدی برق کوچک‌تر است.

التونی و محمد یوسف<sup>۲</sup> (۱۹۹۳)، با استفاده از روش حداقل مربعات تابع تقاضای برق را برای کشورهای شورای همکاری خلیج فارس (بحرین، کویت، عمان، عربستان و امارات متحده عربی) برآورد کرد و نشان داد که تقاضای برق نسبت به قیمت آن و درآمد در کوتاه مدت و بلندمدت بی‌کشش است و دلیل این امر را یارانه‌های پرداختی دولت اعلام کرد.

العزیز و هاودان<sup>۳</sup> (۱۹۹۹)، با استفاده از مدل‌سازی تقاضای دینامیک استاک، تابع تقاضای انرژی را برای کشور اردن برآورد کردند. در این روش آن‌ها قیمت انرژی، تولید ناخالص داخلی، مساحت ساختمان‌ها و متغیرهای مجازی را به عنوان مهم‌ترین فاکتورها جهت برآورد تقاضای انرژی به کار گرفتند و نهایتاً به این نتیجه رسیدند که کشش درآمدی تقاضای انرژی در اردن کمتر از واحد است.

اتستول<sup>۴</sup> (۲۰۰۲)، تقاضای برق خانگی نیروژ را به کمک داده‌های سری زمانی ۱۹۷۰-۱۹۹۹ تخمین زد. قیمت واقعی برق، قیمت واقعی نفت و مخارج مصرفی خانوار متغیرهایی بودند که وی در این پژوهش آن‌ها را به کار گرفت. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که کشش تقاضای برق نسبت به قیمت پایین ولی نسبت به درآمد بالا است.

1. Ang  
2. Eltony, & Mohamad Yosef  
3. Al-Aziz & Hawdan  
4. Ettestoll

لین<sup>۱</sup> (۲۰۰۳)، به کمک داده سال‌های ۱۹۵۲-۲۰۰۱ تقاضای برق جمهوری خلق چین را با استفاده از روش حداقل مربعات تخمین زد.

آمارا و یکراما و هانت<sup>۲</sup> (۲۰۰۸)، تقاضای برق سریلانکا را پس از بررسی کشش‌های مختلف تا سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی کردند. در این تحقیق آن‌ها از قیمت برق و گاز و درآمد خانواده‌ها به‌عنوان متغیرهای مستقل مؤثر استفاده کردند.

بیانکو<sup>۳</sup> (۲۰۰۹)، تابع تقاضای برق ایتالیا را با استفاده از داده‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۷ برآورد کرد. متغیرهای مستقل مؤثر در این پژوهش مشتمل بر درآمد سرانه، قیمت برق در سال مطالعه و همچنین با سه دوره تأخیر بودند. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که کشش درآمدی تقاضای برق تقریباً ثابت و قیمت‌های انرژی منفی و کمتر از یک است.

بیل‌گیلی<sup>۴</sup> (۲۰۰۹)، با تخمین مصرف برق ترکیه عدم بهبود الگوی مصرف برق در این کشور را نشان داد.

پوراآزرم و کورای<sup>۵</sup> (۲۰۱۳) با استفاده از مدل تصحیح خطا، ناکارایی قیمت‌گذاری برق و بی‌کشش بودن مصرف برق نسبت به قیمت در بخش مسکونی ایران طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۸ را نشان دادند.

قادری و محمدزاده (۲۰۱۴)، نتایج تخمین تحقیقات آنها حساسیت ضعیف مصرف انرژی صنعت به تغییرات قیمت و باکشش بودن ارزش افزوده نسبت به مصرف را در صنایع نشان می‌دهد.

فخرایی (۱۳۷۱)، با استفاده از داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۴۷-۱۳۶۸ تابع تقاضای برق خانگی را برآورد کرد که نتیجه مطالعه او نیز کم‌کشش بودن تقاضای برق نسبت به قیمت را به اثبات رساند. وی همچنین با تخمین تابع تقاضای برق در بخش صنعت نشان داد که کشش قیمتی در این بخش نیز ناچیز است.

کاظمی (۱۳۷۵)، با استفاده از مدل زیر به تخمین تابع تقاضای برق در بخش صنعت ایران پرداخت و نشان داد که نفت کوره و نفت گاز جانشین‌های ضعیفی برای برق هستند.

---

1. Lin  
 2. Amarawickrama, & Hunt  
 3. Bianco  
 4. Bilgili  
 5. Pourazarm & Cooray

$$\text{Ln}Q = a + b \ln(\text{PE}) + c \ln(\text{VA}) + d \ln(\text{PF}) + e \ln(\text{PG}) \quad (۱)$$

که در آن: Q تقاضای برق، PE قیمت واقعی برق صنعت، VA ارزش افزوده صنعت، PF قیمت نفت کوره و PG قیمت نفت گاز هستند.

دینایی (۱۳۷۸)، به تخمین تقاضای برق در بخش خانگی شهرستان کرمان پرداخت و به همان نتیجه کم کشش بودن تقاضای برق نسبت به قیمت آن دست یافت.

پژویان (۱۳۷۹)، تقاضای برق ایران را با در نظر گرفتن قیمت واقعی برق، قیمت انرژی‌های جایگزین و تولید ناخالص داخلی تخمین زد. وی نشان داد که کشش قیمتی تقاضای برق ایران کوچک‌تر از واحد و کشش درآمدی بزرگ‌تر از واحد است.

عسگری (۱۳۸۱) به کمک داده‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۳ تابع تقاضای کل ایران را به روش همگرایی برآورد کرد. متغیرهای مؤثر در این تحقیق شامل مصرف برق، تولید ناخالص داخلی، متوسط قیمت نفت خام و قیمت برق بود. در این پژوهش جهت بررسی رفتار کوتاه مدت و بلندمدت مصرف‌کننده از کشش‌های کوتاه مدت و بلندمدت، تجزیه واریانس، توابع واکنش ضربه‌ای و معیار پایدار استفاده شده است.

صمدی (۱۳۸۷)، با استفاده از مدل ARIMA به تخمین تقاضای برق ایران پرداختند. آن‌ها نشان دادند که واکنش مصرف‌کنندگان برق در ایران به تغییرات درآمد و قیمت بسیار کم بوده و نیاز به برنامه‌ریزی‌ها و طراحی‌های اقتصادی در بازار برق کاملاً محسوس است. آن‌ها با پیش‌بینی تقاضای سرانه برق که رشد سالانه ۴,۴ درصدی داشت نشان دادند که شدت مصرف برق در ایران بسیار بالا است.

چگینی آشتیانی و جلولی (۱۳۹۱)، به برآورد تابع تقاضای برق و نقش آن در توسعه کشور با توجه به هدفمندی یارانه‌های انرژی پرداختند و بی‌کشش بودن تقاضای برق نسبت به قیمت را نشان دادند.

محمدی و محتشمی (۱۳۸۹) با بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای برق در بخش صنعت، به این نتیجه رسیدند که قیمت برق در این بخش اثر معناداری بر مصرف برق ندارد.

وجه تمایز تحقیق حاضر با تحقیق‌های پیشین برآورد در تفکیک برآورد تقاضای برق سه بخش مهم صنعت، خانگی و کشاورزی در اقتصاد است، تا با مقایسه میزان تقاضای هر یک از بخش‌های مذکور به یک دید کلی و کلیدی از آینده مصرف برق در ایران دست یابیم.

### ۳. چارچوب نظری و روش تحقیق

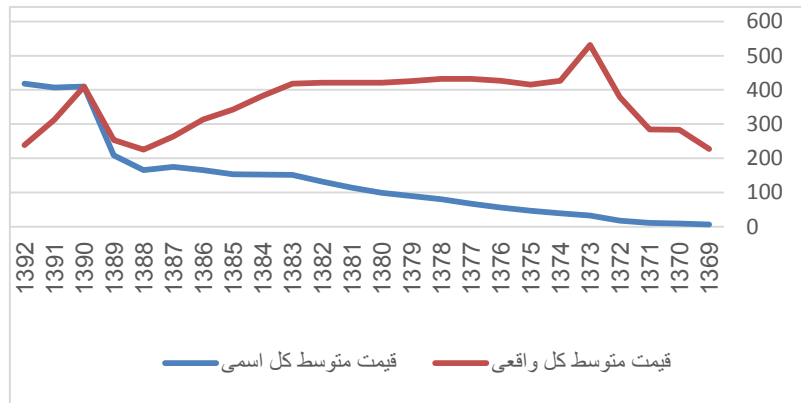
در این بخش ابتدا متغیرهای مورد نیاز جهت تخمین توابع تقاضای برق در سه بخش صنعت، خانگی و کشاورزی را معرفی می‌کنیم و پس از آن به تصریح توابع تقاضا و روش تحقیق پژوهش پرداخته خواهد شد.<sup>۱</sup>

مصرف برق در سال‌های اخیر به دلایل متعددی از قبیل رشد جمعیت، ارتقای سطح زندگی، توسعه شهرنشینی، واقعی نبودن تعرفه‌ها، تغییرات آب و هوا، توسعه صنعت و تجارت، افزایش چشمگیری داشته است. بیشترین مصرف برق ایران در بخش خانگی و صنعت است. متغیرهای اصلی مدل در این پژوهش شامل قیمت واقعی برق، ارزش افزوده واقعی، شاخص قیمت انرژی و تعداد مشترکین برق هستند که در ادامه به تفصیل به بیان هر کدام از آن‌ها پرداخته می‌شود.

**قیمت واقعی برق:** با وجود اینکه متغیر قیمت برق یکی از متغیرهای اصلی در تخمین تقاضای برق است، اما به دلیل نازل بودن آن در کشور و عدم تأثیر آن در اصلاح الگوی مصرف، در اغلب برآوردهای انجام شده ضریبی که برای آن به دست آمده بسیار پایین است، علت این امر عمدتاً به خاطر تورم بسیار بالایی است که سبب شده قیمت‌های واقعی و اسمی همان‌گونه که در نمودار ۱ نیز ترسیم شده در یک راستا واقع نشوند.

قیمت اسمی برق در سال ۱۳۸۹ حدود ۲۰۸/۷ ریال به ازای هر کیلو وات ساعت و در سال ۱۳۹۲، ۴۱۸/۵ ریال بوده و دارای رشد ۱۰۰ درصد است که نمودار فوق نیز آن را تصدیق می‌کند. بیشترین قیمت اسمی برق نیز بین سه بخش خانگی، صنعت و کشاورزی در سال ۱۳۹۲ مربوط به صنعت با ۴۴۲/۸ ریال و کمترین قیمت با ۱۳۳/۴ ریال متعلق به بخش کشاورزی بوده است. لازم به ذکر است ارزش افزوده و قیمت‌های واقعی برق در هر سه بخش، نسبت به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰ محاسبه شده‌اند.

۱. تمامی آمار و ارقام مورداستفاده در این بخش از ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲ است.



نمودار ۲. روند قیمت‌های متوسط‌های واقعی و اسمی برق (۱۳۹۲-۱۳۶۹)

منبع: ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲

**ارزش افزوده واقعی:** با توجه به ارتباط نزدیک بین مصرف برق و ارزش افزوده در ایران، بررسی ارتباط متقابل بین این دو متغیر می‌تواند در برنامه ریزی بخش انرژی الکتریکی اهمیت ویژه‌ای داشته باشد.

**شاخص قیمت انرژی:** با طرح هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹، قیمت حامل‌های انرژی رشد چشمگیر ۲۶/۵ درصدی را تجربه کردند که در سال ۱۳۹۲ به ۶۱/۴ درصد افزایش یافت. شاخص قیمت انرژی یکی از عوامل تأثیرگذار بر تقاضای برق است، که این شاخص از طریق میانگین وزنی حامل‌های انرژی گاز طبیعی، نفت گاز و بنزین طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$PE = \frac{(PG*CG)+(PF*CF)+(PB*CB)}{(CG+CF+CB)} \quad (۲)$$

در رابطه فوق PE بیانگر شاخص قیمت انرژی و PG قیمت گاز طبیعی، PF قیمت نفت گاز و PB قیمت بنزین است. نماد C در این معادله نیز بیانگر مقادیر مصرف انرژی‌های مذکور است. به دلیل عدم امکان جایگزینی سریع این حامل‌های انرژی با انرژی الکتریکی، تغییرات قیمت این حامل‌ها در هر سه بخش مذکور بی‌کشش است.

**تعداد مشترکین برق:** با توجه با اطلاعات ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲، تعداد مشترکین برق در بخش خانگی و صنعت از ارقام بالاتری نسبت به کشاورزی برخوردار هستند. بعد از بخش کشاورزی، بیشترین یارانه برق به ترتیب متعلق به بخش خانگی سپس صنعت است. در سال ۱۳۹۲ بخش کشاورزی و صنعت نسبت به سال قبل به ترتیب با رشد ۷/۴۹ و ۴/۸ درصدی در تعداد مشترکین، رشد ۴/۶ درصدی و ۵/۸ درصدی در مصرف برق را تجربه کردند. بخش خانگی نیز با

رشد ۵/۱ درصدی در تعداد مشترکین، رشد ۴/۹ درصدی در مصرف برق را تجربه کرد. افزایش درصد رشد تعداد مشترکین برق در بخش کشاورزی نسبت به بخش صنعتی به دلیل تغییر تعرفه برخی از مشترکین صنعتی به کشاورزی بوده است.

در این پژوهش قصد داریم با استفاده از تحلیل رگرسیونی میزان اثرگذاری هر یک از عوامل مؤثر چون قیمت برق، تعداد مشترکین برق، ارزش افزوده هر بخش، مصرف دوره قبل و شاخص قیمت انرژی را برآورد کنیم. در این راستا از داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۲ که از ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و وزارت نیرو جمع‌آوری شده‌اند، بهره گرفته‌ایم.

داده‌های مربوط به هر کدام از متغیرهای این مطالعه به صورت سری زمانی وارد شده‌اند و جهت رفع ناپایداری داده‌های سری زمانی از آزمون دیکی- فولر استفاده شده است. مدل رگرسیونی استفاده‌شده برای برآورد تقاضای برق در بخش صنعت به شرح زیر است:

تابع تقاضای تصریح شده بخش صنعت:

$$LQs = a + b LPs + c LNs + d LVs + e LPEs \quad (۳)$$

تابع تقاضای تصریح شده بخش خانگی:

$$LQkh = a + b LPkh + c LNkh + d LVkh + e LPEkh \quad (۴)$$

تابع تقاضای تصریح شده بخش کشاورزی:

$$LQk = a + b LPk + c LNk + d LVk + e LPEk \quad (۵)$$

در توابع فوق P، Q، V، N به ترتیب بیانگر قیمت برق، تقاضای برق، ارزش افزوده واقعی و تعداد مشترکین برق هستند. PE شاخص قیمت انرژی است که نحوه محاسبه آن در بخش معرفی متغیرها به تفصیل توضیح داده شده است. همچنین نمادهای s، kh و k نشانگر بخش‌های صنعت، خانگی و کشاورزی هستند. نماد L نیز معرف لگاریتم این متغیرها است. با توجه به هدفمندی یارانه‌ها قیمت گاز طبیعی، نفت گاز و بنزین مصرفی، از طریق میانگین وزنی قیمت‌های هفت ماه اول و ۵ ماه دوم سال محاسبه شده است. همچنین در سال ۱۳۹۲ قیمت آزاد حامل‌های فوق در محاسبات گنجانده شده‌اند.

آزمون ریشه واحد دیکی-فولر (ADF): به طور کلی، یک فرایند تصادفی هنگامی پایا می شود که میانگین و واریانس در طول زمان ثابت باشد و مقدار کوواریانس بین دو دوره زمانی تنها به فاصله یا وقفه بین دو دوره بستگی داشته و ارتباطی به زمان واقعی محاسبه نداشته باشد (گجراتی، ۱۳۹۱). گاهی ممکن است مدل های رگرسیونی به صورت کاذب تخمین زده شوند، به این معنی که بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل رابطه ای از لحاظ تئوریک وجود نداشته باشد ولی مدل با ضریب تعیین بالایی تخمین زده شود، درحالی که آماره  $t$  بیانگر عدم وجود رابطه بین دو متغیر است. پس می توان گفت عامل دیگری در این میان وجود دارد که باعث معنی دار شدن مدل می شود و آن عامل زمان است. جهت دستیابی به پایایی داده ها در این مقاله از آزمون تعمیم یافته دیکی-فولر استفاده شده است و هر یک از سری های زمانی را به صورت مجزا آزموده ایم تا نتایج حاصل از رگرسیون، از درجه اطمینان بالایی برخوردار باشند.

طبق جداول ۱، ۲ و ۳ هر کدام از داده های سری زمانی در هر صنعت با یک مرتبه تفاضل گیری و بدون عرض از مبدأ مانا شده اند. این امر بیانگر رد فرضیه  $H_0$  مبنی بر وجود ریشه واحد و عدم پایایی داده ها بوده و مقادیر آماره آزمون ADF از مقادیر بحرانی آن ها در همه سطوح بزرگ تر است. در نتیجه چون همه متغیرها در یک سطح مانا شده اند متغیرهای مدل هم انباشته بوده و نیازی به آزمون هم انباشتگی وجود ندارد (اندرس، ۲۰۰۴). همچنین می توان نتیجه گرفت رگرسیون، یک رگرسیون کاذب نیست. پس از این می توان مدل رگرسیونی را برای هر سه بخش با اطمینان برآورد کرد.

جدول ۱. نتایج آزمون دیکی-فولر برای بخش صنعت

متغیر	آماره آزمون	سطح		
		۱ درصد	۵ درصد	۱۰ درصد
P	-۵/۰۴	-۴/۲۶	-۳/۵۵	-۳/۲۰
N	-۴/۸۲	-۴/۲۸	-۳/۵۶	-۳/۲۱
V	-۴/۶۲	-۴/۲۴	-۳/۵۴	-۳/۲۰
PE	-۵/۷۸	-۴/۲۶	-۳/۵۵	-۳/۲۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۲. نتایج آزمون دیکی-فولر برای بخش خانگی

متغیر	آماره آزمون	سطح		
		۱ درصد	۵ درصد	۱۰ درصد
P	-۴/۰۹	-۳/۸۷	-۳/۴۵	-۳/۳۳
N	-۴/۸۲	-۴/۲۸	-۳/۵۶	-۳/۲۱
V	-۴/۶۲	-۴/۲۴	-۳/۵۴	-۳/۲۰
PE	-۵/۷۸	-۴/۲۶	-۳/۵۵	-۳/۲۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۳. نتایج آزمون دیکی-فولر برای بخش کشاورزی

متغیر	آماره آزمون	سطح		
		۱ درصد	۵ درصد	۱۰ درصد
P	-۵/۶۰	-۴/۹۲	-۳/۷۹	-۳/۶۸
N	-۳/۸۹	-۳/۲۹	-۳/۳۵	-۳/۲۵
V	-۴/۰۶	-۴/۰۴	-۳/۸۷	-۳/۷۰
PE	-۵/۶۵	-۴/۹۲	-۳/۷۷	-۳/۱۹

مأخذ: محاسبات تحقیق

#### ۴. تخمین مدل رگرسیونی و تحلیل نتایج

با انجام آزمون ریشه واحد و پس از آنکه از پایایی داده‌ها اطمینان حاصل شد، با استفاده از روش حداقل مربعات (OLS) مدل موردنظر را برای هر سه بخش صنعت، خانگی و کشاورزی تخمین زده شد که نتایج حاصل از این تخمین برای هر بخش به صورت مجزا در جداول ۴، ۵ و ۶ آمده است.

جدول ۴. تخمین مدل رگرسیونی تقاضای برق، بخش صنعت

t-Statistic	Standard.Error	Coefficient	
۱/۷۵۹	۰/۷۵۹	۱/۳۷۹	C
-۵/۸۸۴	۰/۰۵۱	-۰/۳۰۳	LPs
۶/۹۵۱	۰/۰۴۲	-۰/۲۹۷	LNs
۱۰/۳۸۵	۰/۰۷۷	۰/۸۰۷	LVs
۵۹۸,۰	۰/۰۴۹	-۰/۰۲۹	LPEs
F=۴۵۷	D-W = ۲/۰۳	R-squared= ۰/۹۲	

جدول ۵. تخمین مدل رگرسیونی تقاضای برق، بخش خانگی

t-Statistic	Standard Error	Coefficient	
۳/۰۳۰	۰/۴۱۲	-۱/۲۴۹	Ckh
-۳/۵۳۲	۰/۰۴۱	۰/۱۴۵	LPkh
۲۲/۴۲۹	۰/۰۵۵	۱/۲۴۱	LNkh
۲/۰۶۴	۰/۰۳۶	۰/۰۷۶	LVkh
-۱/۱۵۴	۰/۰۲۰	-۰/۰۲۳	LPEkh
F = ۴۰۷۶	D-W = ۱/۸	R-squared = ۰/۸۰	

جدول ۶. تخمین مدل رگرسیونی تقاضای برق، بخش کشاورزی

t-Statistic	Standard Error	Coefficient	
۲/۱۶۷	۲/۵۶۹	۵/۵۶۹	C
-۳/۶۹۵	۰/۰۴۹	-۰/۱۸۳	LPk
۱۰/۶۵۵	۰/۰۸۳	۰/۸۸۸	LNk
۰/۴۸۲	۰/۲۲۷	۰/۱۱۰	LVk
-۱/۴۸۶	۰/۰۴۷	-۰/۰۸۴	LPEk
F = ۹۴۸	D-W = ۱/۹۲	R-squared = ۰/۸۹	

نتایج حاصل از تخمین مؤید آن است که  $R$  اسکوار محاسبه شده در این مدل برای بخش صنعت صفر، برای بخش خانگی صفر و برای بخش کشاورزی  $۰/۸۹$  است.  $R$  اسکوار بالای این مدل نشان دهنده قدرت توضیح دهنده بالایی الگو است و خود این امر بیانگر این است که تقاضای انرژی الکتریکی در بخش های صنعتی و خانگی و کشاورزی تا حد زیادی متأثر از متغیرهای وارد شده در مدل است. آماره  $F$  برای صنعت  $۴۵۷$ ، کشاورزی  $۴۰۷۶$  و برای بخش خانگی  $۹۴۸$  است که معنادار بودن رگرسیون را می رساند. چنانچه مقدار آماره آزمون دوربین - واتسون نیز باید نزدیک  $۲$  باشد و نشانگر خودهمبستگی میان اجزای اخلاص مدل رگرسیون است، که نتایج موجود جداول  $۱$ ،  $۲$  و  $۳$  گویای عدم وجود خودهمبستگی معنادار بین اجزای اخلاص است.

کشش قیمتی در این الگو برای صنعت  $۰/۳۰$ ، برای بخش خانگی  $۰/۱۴$  - و برای بخش کشاورزی  $۰/۱۸$  - است، یعنی به ازای یک درصد افزایش قیمت برق، مصرف برق در بخش صنعت  $۰/۳۰$  درصد، بخش خانگی  $۰/۱۴$  درصد و کشاورزی  $۰/۱۸$  درصد کاهش پیدا می کند. در توجیه این مسئله می توان گفت از طرفی علی رغم کاربرد زیاد برق در اقتصاد ایران، چون قیمت واقعی برق

در ایران نسبت به سایر حامل‌های انرژی در سطح نازلی قرار دارد از طرفی دیگر به دلیل جانشینی ضعیف حامل‌های انرژی نسبت به انرژی الکتریکی با افزایش قیمت برق مصرف آن زیاد کاهش نخواهد یافت. پس قیمت به عنوان یک متغیر در الگوی این مطالعه بر روی مصرف برق تأثیر چندانی زیادی نداشته است.

کشش متقاطع در بخش صنعت  $-0/029$ ، خانگی  $-0/023$  و کشاورزی  $-0/084$  است. این اعداد نشان می‌دهد که چه در بخش خانگی و چه در بخش صنعتی و کشاورزی، حامل‌های انرژی جانشین‌های بسیار ضعیفی برای انرژی الکتریکی هستند. البته طبق پژوهش‌های متعددی که قبلاً در این زمینه انجام گرفته نشان داده شده است که گازوئیل و نفت کوره جانشین برق بوده اما با گاز رابطه مکملی دارد. بی‌معنا بودن آماره  $t$  در مورد قیمت حامل‌های جانشین در هر سه بخش نشانگر قرار گرفتن این بخش‌ها در نقاط بحرانی نمودار  $t$ -student و وجود یک رابطه جانشینی ضعیف با انرژی الکتریکی است. همچنین ضریب تعداد مشترکین در بخش صنعت، خانگی و کشاورزی به ترتیب  $0/29$ ،  $1/24$  و  $0/88$  است. این آمار بیانگر این هستند که با یک درصد افزایش در تعداد مشترکین، مصرف برق در بخش‌های صنعت، خانگی و کشاورزی به ترتیب  $0/29$  درصد،  $1/42$  درصد و  $0/88$  درصد افزایش می‌یابد. علت بالا بودن ضریب تعداد مشترکین در بخش خانگی، نقش عمده برق در تأمین نیازهای انرژی خانوار است. همچنین بالا بودن این ضریب در بخش کشاورزی نسبت به صنعت، تعلق یارانه بالا به بخش کشاورزی است. در مورد ارزش افزوده نیز می‌توان به صراحت گفت تأثیر این متغیر در الگوی مصرف برق بخش صنعت که دارای ضریب  $0/8$  است، نسبت به دو بخش دیگر بسیار بالا است.

## ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف برق در سه بخش صنعت، خانگی و کشاورزی پرداخته شد تا تأثیر کمی هر یک از عوامل مؤثر بر مقدار مصرف برق برآورد شود. جهت نیل به این هدف از روش حداقل مربعات (OLS) در نرم‌افزار Eviews استفاده شد. برای رفع ناپایداری داده‌های سال‌های  $1355-1392$  آزمون ریشه واحد دیکی-فولر را به کار گرفتیم. در واقع هدف اصلی این مقاله تخمین تابع تقاضای برق در سه بخش فوق‌الذکر و الگوی مصرف آن تا سال  $1392$  است.

نتایج تحقیق گویای این هستند که کشش قیمتی پایین در هر کدام از بخش‌ها تا حدی شرایط انحصاری حاکم بر این صنعت و عدم مصرف بهینه به دلیل نازل بودن سطح قیمت برق در سه بخش را نشان می‌دهد. وجود ارتباط معناداری بین مصرف انرژی الکتریکی با تعداد مشترکین به ویژه در بخش خانگی به این معناست که در این بخش با افزایش تعداد مشترکین، علاوه بر اینکه شدت مصرف برق به مراتب افزایش می‌یابد، به دلیل تبعیت عده‌ای از این مشترکین بر الگوی مصرف غیرمعقول و عدم مصرف بهینه از انرژی برق، روند مصرف غیرمعقول روز به روز افزایش خواهد یافت، چراکه جمعیت کنونی کشور نیز در حال رشد است. لذا این بخش نسبت به سایر بخش‌ها نیازمند برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌های بهینه‌یابی مصرف معقول برق، آگاهی دادن به مردم، توجه بیش از پیش به حضور تکنولوژی به‌ویژه در لوازم‌های خانگی و یا طرح‌های تشویقی هستند.

همچنین نتایج حاکی از وجود ارتباط معنادار میان مصرف برق و ارزش افزوده در بخش صنعت است. در واقع این برآورد نشانگر این است که بخش صنعت جهت تولید کالا یا خدمات، با هر واحد مصرف برق تولید ناخالص ملی کشور را  $0/8$  افزایش می‌دهد. شاخص قیمت انرژی محاسبه شده در این تحقیق نشانگر عدم وجود جانشین مؤثر و قوی برای برق در هر سه بخش است، به عبارتی برق همچنان به‌عنوان یکی از انرژی‌های برتر در اقتصاد کشور قدرت‌نمایی کرده و به‌عنوان یک کالای ضروری و استراتژیک محسوب می‌شود. لذا دولت می‌تواند با حمایت‌های خود در زمینه کاهش مصرف برق در بخش صنعت از طریق اعمال سیاست‌های قیمتی و همچنین سیاست‌های غیر قیمتی مانند افزایش کارایی تکنولوژی و افزایش آگاهی عمومی، نقش مؤثری را در اصلاح الگوی مصرف برق در این بخش ایفا کند.

منابع

- پژویان، جمشید؛ محمدی، تیمور (۱۳۷۹). «قیمت‌گذاری بهینه رمزی برای صنعت برق ایران». فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی. شماره ششم. صص ۳۹-۶۱.
- چگینی آشتیانی، علی؛ جلویی، مهدی (۱۳۹۱). «برآورد تابع تقاضای برق و پیش‌بینی آن برای افق چشم‌انداز ۱۴۴۰ و نقش آن در توسعه کشور با توجه به هدفمندی یارانه‌های انرژی». پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی. سال دوم. شماره هفتم.
- عسگری، علی (۱۳۸۰). «تخمین تقاضای برق در بخش خانگی و برآورد کشتش‌های قیمتی و درآمدی آن». مجله برنامه و بودجه. شماره ۶۳ و ۶۲. صص ۱۱۹-۱۰۳.
- صمدی، سعید (۱۳۸۷). «تحلیل تقاضای برق در ایران با استفاده از مفهوم هم‌جمعی و مدل ARIM طی ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۷». مجله دانش و توسعه.
- فخرایی، حمید (۱۳۷۱). «گزارش نهایی از پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی در بخش‌های مصرفی مختلف».
- کاظمی، احمد (۱۳۷۵). «تحلیل تقاضای انرژی الکتریکی در بخش صنعتی و خانگی». پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
- گجراتی، دامودار (۱۳۹۱). مبانی اقتصادسنجی (ترجمه حمید ابریشمی). انتشارات دانشگاه تهران.
- محمدی دینایی، منصور (۱۳۷۸). «تخمین تابع تقاضای برق شهرستان کرمان». سومین همایش ملی انرژی ایران.
- محمدی، حسین؛ محتشمی، مینا (۱۳۸۹). «بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای برق در بخش صنعت». دومین کنفرانس سراسری اصلاح الگوی مصرف انرژی الکتریکی.
- Al-Aziz, A. & Hawdan, D. (1999). "Estimating the Demand for Energy in Jordan: A stock Watson Dynamic OLS (DOLS) Approach". *Survey Energy Economics Center*, Department of Economics.
- Amarawickrama, & Hunt, L. (2008). "Electricity Demand for Sri-Lanka: A Time Series Analysis". *Energy Policy*, Vol. 33, pp. 724 –739.
- Anders, R (2004). "Vector Equilibrium Correction Models with Non-linear Discontinues Adjustments". *The Econometric*.

- **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.
- **Bianco, V & Manca, O & Nardini, S.** (2009). "Electricity Consumption Forecasting in Italy Using Linear Regression Models". *Energy*, Vol. 34, PP. 14-142
- 1 **Bilgili, M.** (2009). "Estimation of the Net Electricity Consumption of Turkey. Cukurova University", Adana Vocational School of Higher Education, *J.of Thermal Science and Technology*, Vol. 2, No. 29. PP. 89-98.
- **Eltony, M. Nagy & Mohamad Y.** (1993). "The Structure of Demand for Electricity in the Persian Gulf Cooperation Council Countries". *The Journal of Energy and Development*, PP. 213-221
- **Ettestol, n.** (2002). "Estimating Residential Demand for Electricity with Smooth Transition Rgression". NTNU, Trondheim, Norway.
- **Ghaderi, F & Mohammadzadeh, S.** (2014). "Electricity Demand Function for the Industries of Iran". *Information Technology Journal*, Vol. 5, PP. 401-404.
- **Lin, B.Q.** (2003). "Electricity Demand in the People's Republic of China". *Economics and Research Department*, No. 37
- **Pourazarm, E, Cooray, A.** (2013). "Estimating and forecasting residential electricity demand in Iran. *Economic Modelling*, Vol. 35, PP. 546-558
- <http://isn.moe.gov.ir/>
- <http://tsd.cbi.ir/Display/Content.aspx>
- <http://www.saba.org.ir/fa/energyinfo/tashilat/taraz>