مجله برنامه و بودجه، شمارهٔ ۱۳ و ۱۴، ص. ۷۵-۹۲.

بررسی و پیش‌بینی تقاضای برق در ایران

نویسنده: مسعود صفاری‌پور اصفهانی*

چکیده

در این مقاله، ابتدا به روند تغییرات مصرف برق در بخشهای عمدهٔ مصرف برق (شامل خانگی، تجاری و عمومی، صنعتی و کشاورزی) طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲ اشاره‌ای کرده‌ایم. سپس با بررسی روند تغییرات میزان مصرف کل برق طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲، ارتباط آن با قیمت واقعی برق و محصول ناخالص داخلی را تحلیل نموده‌ایم.

روند تغییرات محصول ناخالص داخلی و میزان تقاضای برق، نشاندهندهٔ ارتباط مستقیم بین این دو متغیر می‌باشد. از سوی دیگر، روند تغییرات قیمت واقعی برق و مقدار تقاضای برق نشان می‌دهد که تقریباً ارتباط معکوسی بین قیمت برق و مقدار مصرف آن به ازای هر مشترک وجود دارد، به طوری که، با کاهش قیمت واقعی برق، تقاضا برای آن به ازای هر مشترک افزایش یافته است. بنابراین، هم ارتباط قیمت و تقاضا و هم ارتباط درآمد و تقاضا، مؤید نظریه تقاضا در مورد کالای نرمال برق در ایران می‌باشد.

در ادامهٔ این مقاله، توابع تقاضای ایستا و پویا برق در ایران طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲ به روش حداقل مربعات معمولی (OLS) برآورد شده و بدین وسیله کششهای قیمتی و کششهای درآمدی تقاضا در کوتاه‌مدت و بلندمدت محاسبه شده است. ارقام محاسبه شده، نشاندهنده کم‌کشش بودن تقاضای مشترکین نسبت به تغییرات قیمت برق در کوتاه‌مدت و بلندمدت است که یکی از علتهای آن را می‌توان پایین بودن قیمت واقعی برق دانست. همچنین کششهای درآمدی تقاضا در کوتاه‌مدت و در بلندمدت کم می‌باشد. در مجموع، اثر درآمد بر افزایش تقاضا، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، بیش از اثر قیمت بوده است.

در پایان، با استفاده از بهترین تابع برازش شده و با ارائه سه سناریو، تقاضای برق برای سال ۱۴۰۰ هجری شمسی پیش‌بینی شده است.

*کارشناس دفتر امور انرژی سازمان برنامه و بودجه

مقدمه

امروزه در تولید ملی هر جامعه‌ای، انرژی نقش مهمی ایفا می‌کند. راهبرد تأمین انرژی، به میزان کافی و هزینهٔ مناسب، جزو برنامه‌های اصلی هرکشور می‌باشد. کشور ما به دلیل برخوردار بودن از منابع نفت و گاز، دارای موقعیت خاصی بوده است و این امکان را فراهم آورده که بتوانیم با استفاده بهینه از این منابع، به رشد اقتصادی مطلوبی دست یابیم. اما به طوری که آمار نشان می‌دهد، مصرف سرانهٔ انرژی ثانویه[1] برق از ۲۳/۹ کیلو وات ساعت در سال ۱۳۴۲ به حدود ۹۹۶ کیلووات ساعت در سال ۱۳۷۲ رسیده است. در واقع، طی ۳۰ سال، مصرف سرانهٔ برق بیش از ۴۱ برابر شده است. از طرفی محصول ناخالص داخلی سرانه در کشور، طی همین دوره، کمتر از دو برابر شده است. به بیان دیگر، در سال ۱۳۴۲، برای تولید یک میلیون ریال ارزش افزوده (به قیمت ثابت سال ۱۳۶۱) از ۰/۱۸ مگاوات ساعت برق استفاده شده است، در حالی که در سال ۱۳۷۲، برای تولید همان یک میلیون ریال ارزش افزوده (به قیمت ثابت سال ۱۳۶۱)، ۳/۹۳ مگاوات ساعت برق مصرف شده است (جدول ۱).

جدول ۱. روند تغییرات برخی از شاخصهای بخش برق

سال	واحد	۱۳۴۲	۱۳۵۲	۱۳۶۲	۱۳۷۲
مصرف سرانه برق	KWH الف	۲۳/۹	۲۵۰/۶	۵۷۰/۷	۹۹۶
محصول ناخالص داخلی سرانه	هزار ریال	۱۳۳/۹	۳۲۱/۲	۲۷۰/۳	۲۵۳/۴
شدت برق مصرفی	MWH / میلیون ریال	۰/۱۸	۰/۷۸	۲/۱۱	۳/۹۳

الف) KWH = کیلووات ساعت

مأخذ: *آمار تفصیلی صنعت برق ایران*. سالهای مختلف.

بنابراین، طی ۳۰ سال شاخص شدت برق مصرفی[2]، ۲۲ برابر شده است. این در حالی است که

1. Secondery Energy

۲. بنا به تعریف، شاخص شدت برق مصرفی، عبارت از میزان برق مصرف شده، تقسیم بر ارزش افزوده است.

طی دورهٔ کوتاهتری، سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲، قیمت واقعی برق، یک سوم شده است.[۱] شاید اینها همه حکایت از روند بی‌رویهٔ مصرف برق در بخشهای مختلف مصرفی، به ویژه در بخش تقریباً غیرمولد خانگی، و پایین بودن بهره‌وری در سایر بخشها، به دلیل نازل بودن قیمت برق، باشد. برای بررسی این موضوع، ابتدا نگاهی به روند تغییرات مصرف برق در بخشهای مختلف و در کل اقتصاد می‌اندازیم، سپس رابطهٔ مصرف برق را با سایر متغیرهای اقتصادی تحلیل می‌نماییم.

محصول ناخالص داخلی و روند مصرف برق در بخشهای مختلف

براساس تقسیم‌بندی کلی وزارت نیرو، بخشهای عمدهٔ مصرف برق در ایران، عبارتند از: بخش خانگی، بخش تجاری و عمومی[۲]، بخش صنعتی، بخش کشاورزی و سایر مصارف.[۳]

نمودار ۱، نمایانگر روند تغییرات میزان مصرف برق در بخشهای مختلف ذکر شده طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲ است. به طوری که در نمودار می‌بینید، در سال ۱۳۴۶، میزان مصرف برق در تمام بخشها تقریباً نزدیک به هم بوده است، ولی به تدریج، مصرف برق در بخش صنعت با شیب تندی همراه بوده، اما در بخشهای خانگی، تجاری و عمومی شیب نسبتاً ملایمتری داشته و در بخش کشاورزی شیب بسیار ملایمی داشته است.

طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۵۳ و سالهای ۱۳۶۸-۱۳۷۲ که رشد مصرف برق در بخش صنعت سریعتر از سایر بخشها بوده، رشد محصول ناخالص داخلی نیز همراه با آن افزایش یافته است (نمودار ۲). این موضوع انرژی - بر شدن بخش صنعت، یا به بیان دیگر، اهمیت برق در صنایع را طی این سالها، و به ویژه طی سالهای برنامهٔ اول توسعهٔ اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۶۸-۱۳۷۲) نشان می‌دهد. اما طی سالهای ۱۳۵۴-۱۳۶۷، مصرف برق در بخش خانگی رشد سریعی داشته است (نمودار ۱). البته این رشد مصرف با رشد سریع تعداد مشترکین برق در این بخش همراه بوده است. نمودار ۳ روند افزایش تعداد مشترکین برق را در بخشهای مختلف مصرفی نشان می‌دهد.

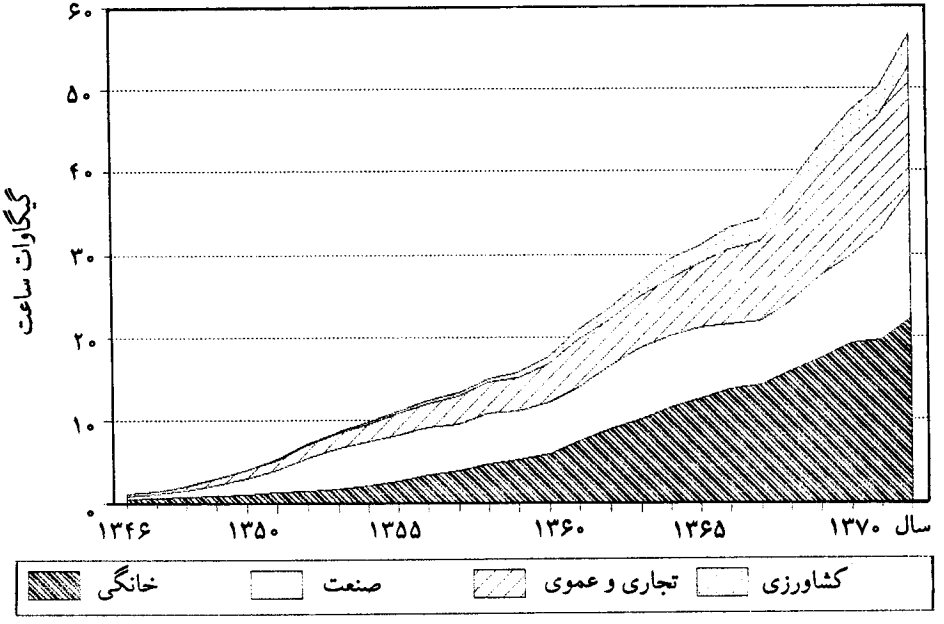
---

۱. نگاه کنید به: وزارت نیرو (۱۳۷۴). ص. ۶، جدول ۲-۱-۱.

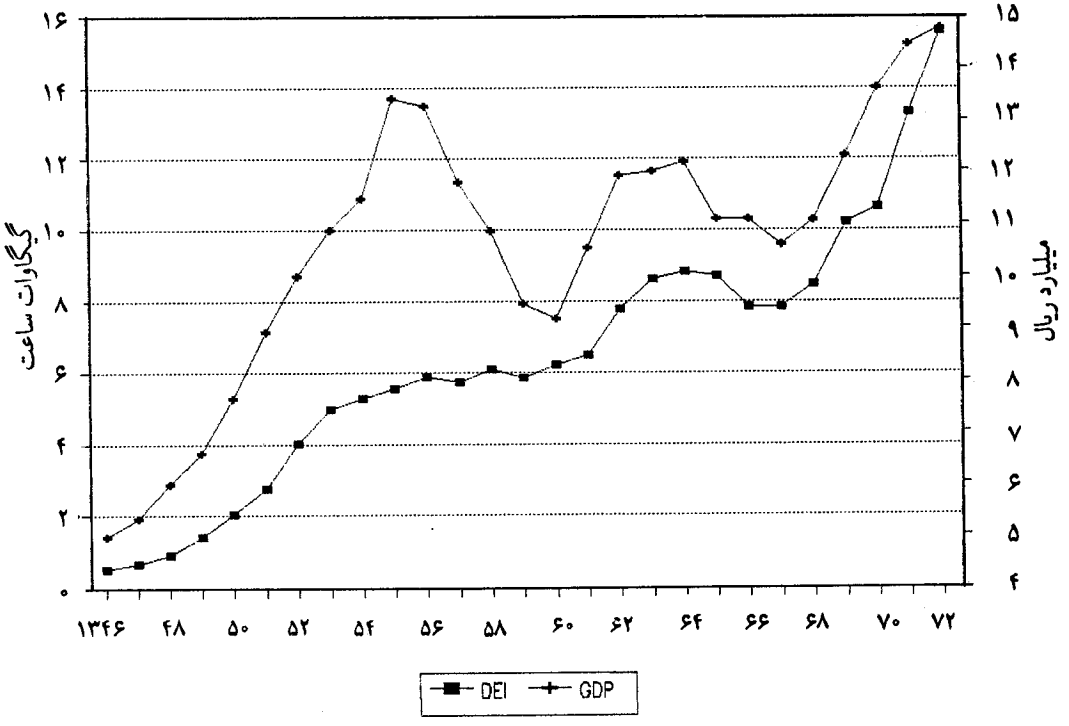
۲. در سالهای اخیر، این بخش، به دو زیر بخش عمومی و تجاری تقسیم شده است و اطلاعات این دو بخش در سالهای قبل به تفکیک قابل دسترس نبوده است.

۳. این بخش، شامل برق مصرفی مؤسسات خیریه، مساجد و هر گونه مصارفی که در طبقه‌بندی ذکر شده قرار نگیرد، می‌شود.

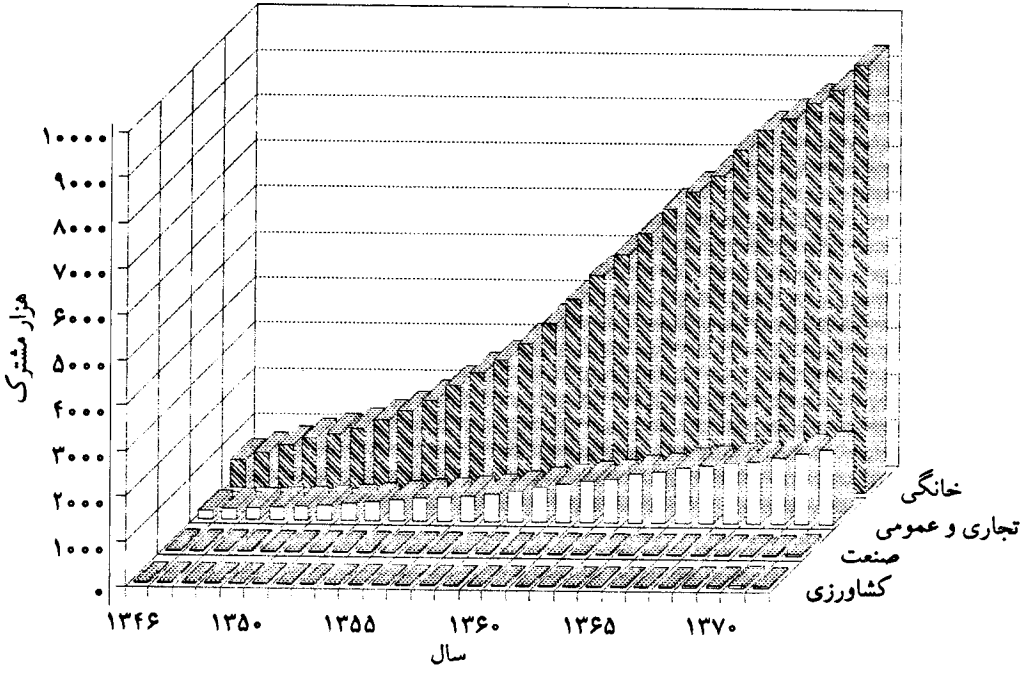
نمودار ۱. مصرف برق در بخشهای مختلف مصرفی



نمودار ۲. روند تغییرات مصرف بخش صنعت و محصول ناخالص داخلی



نمودار ۳. مشترکین برق در بخشهای مختلف مصرفی



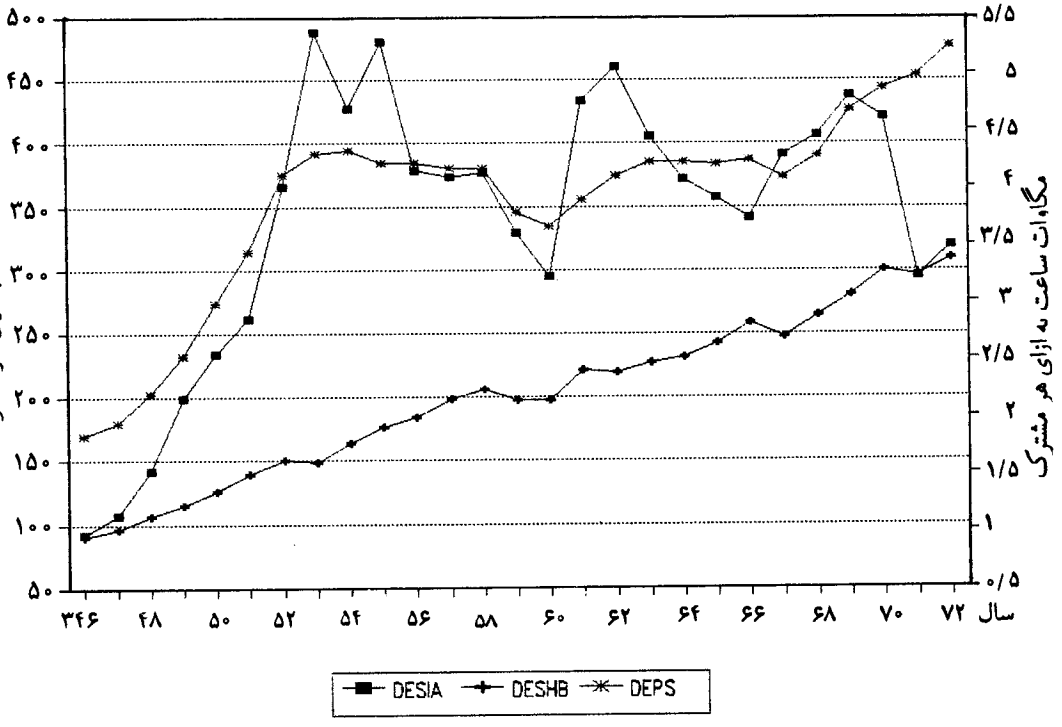
اما در مجموع، روند تغییرات میزان کل مصرف سرانهٔ برق (به ازای هر مشترک) طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۵۳ (به نحوی که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود) بیشتر تابع مصرف برق در بخش تولیدی صنعت و کشاورزی بوده است (DESIA) ، هر چند در این سالها روند تغییرات مصرف برق در بخشهای خانگی، تجاری و عمومی (DESHB) نیز افزایشی بوده، ولی شیب تند افزایش تقاضای کل برق، به دلیل بالا بودن سهم صنعت در مصرف برق طی سالهای مذکور بوده است، که این خود ناشی از رشد سریع صنایع در این سالها و به تبع رشد سریع مصرف برق در این بخش انرژی-بر بوده است.

طی سالهای ۱۳۵۴-۱۳۶۱، روند تغییرات میزان مصرف سرانهٔ کل برق (به ازای هر مشترک) تقریباً متأثر از روند تغییرات مصرف سرانهٔ برق هر دو بخش تولید (DESIA) و غیر تولیدی (DESHB) بوده است، ولی از سال ۱۳۶۱ به بعد، مصرف سرانهٔ کل برق (DEPS) بیشتر متأثر از

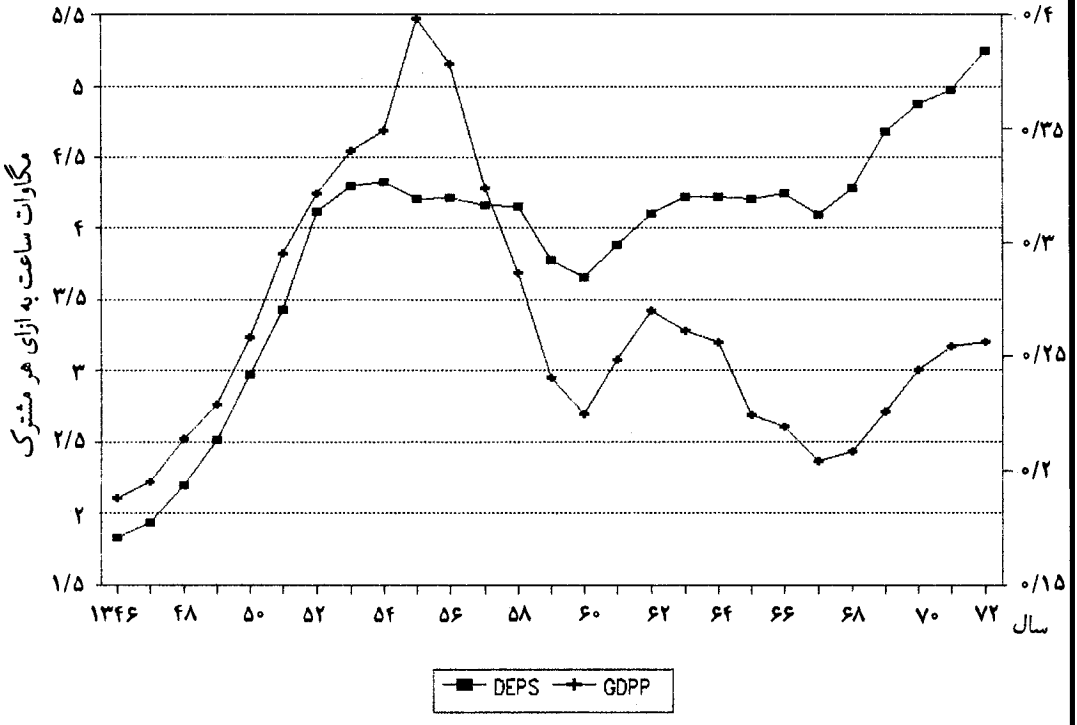
بخش خانگی، تجاری و عمومی بوده است. این امر می‌تواند ناشی از رشد سریع مشترکین بخش خانگی و نیز ناشی ازکاهش مصرف سرانهٔ برق بخش صنعت وکشاورزی باشد، که به دلیل وقوع جنگ تحمیلی و بمبارانهای متعدد صنایع و در نتیجه، ازکار افتادن برخی صنایع مهم انرژی - بر، مصرف سرانهٔ برق در این بخش تولید کاهش یافته است، و بنابراین، تغییرات مصرف سرانه کل برق از سال ۱۳۶۱ بیشتر متأثر از بخش خانگی، تجاری و عمومی شده است. این مطلب به روشنی در نمودار ۴ مشاهده می‌شود.

نمودار ۵ که روند تغییرات مصرف سرانهٔ برق و محصول ناخالص داخلی سرانه را نشان می‌دهد نیز به نحوی تأییدکنندهٔ مطالب ذکر شده است. از نمودار ۵، همچنین ارتباط مستقیم بین این دو متغیر، به وضوح مشاهده می‌شود.

نمودار ۴. روند تغییرات مصرف سرانه برق در دو بخش تولیدی و غیر تولیدی و کل



نمودار ۵. روند تغییرات مصرف سرانه برق و محصول ناخالص داخلی سرانه



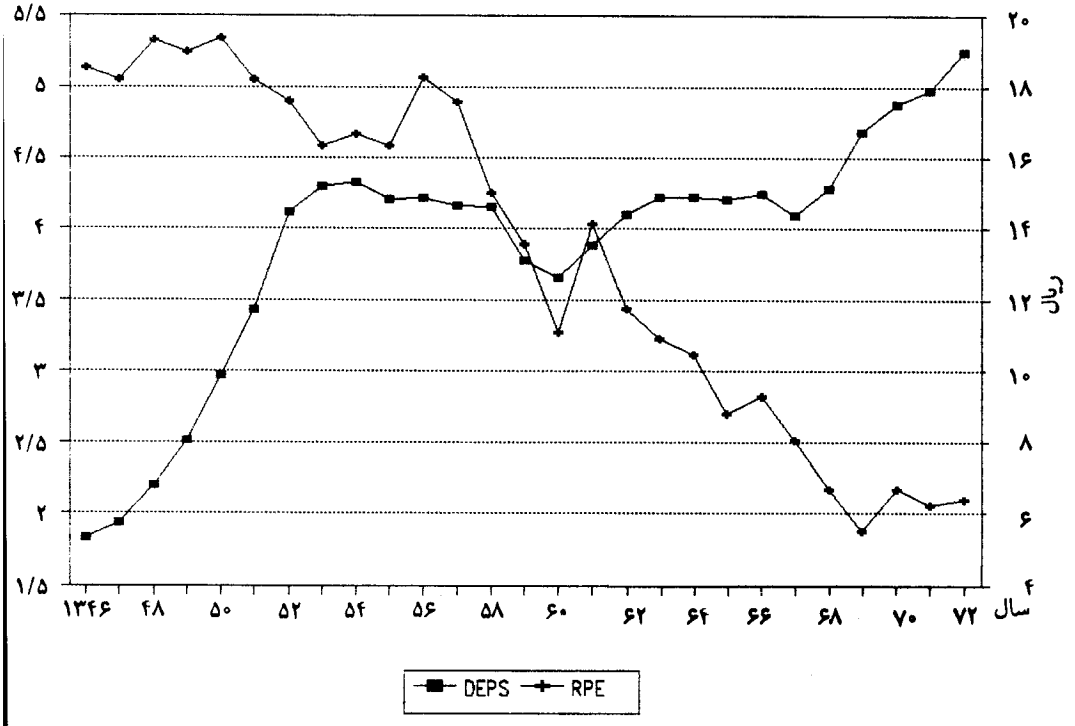
قیمت و مصرف برق

نمودار ۶، روند تغییرات قیمت واقعی هر کیلووات ساعت برق[1] (RPE) و مصرف سرانهٔ برق به ازای هر مشترک طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲ را نشان می‌دهد. به طوری که از نمودار مشاهده می‌شود، قیمت واقعی برق طی سالهای مذکور، به طور تقریبی، در حال کاهش بوده است. طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۵۳، با کاهش قیمت واقعی برق، مقدار مصرف سرانهٔ برق افزایش یافته است. در سالهای ۱۳۵۳-۱۳۵۵ که قیمت واقعی برق تقریباً ثابت بوده، مصرف سرانهٔ برق نیز تقریباً

۱. قیمت واقعی برق به قیمت ثابت سال ۱۳۶۹ و از *ترازنامه انرژی سال ۱۳۷۳* گرفته شده است.

ثابت بوده است. در سال ۱۳۵۶، با افزایش قیمت واقعی برق، مصرف سرانهٔ برق کاهش یافته است. از سال ۱۳۵۷ تا ۱۳۶۱، با وقوع انقلاب و پس از آن بروز جنگ تحمیلی، ارتباط معکوس بین قیمت و مصرف برق به هم خورده و بار دیگر از سال ۱۳۶۲ به بعد با کاهش قیمت واقعی برق، مصرف سرانهٔ برق افزایش یافته است. شایان ذکر است که طی دورهٔ مذکور، قیمت اسمی برق همواره افزایش یافته است، ولی قیمت واقعی آن در حال کاهش بوده است. بنابراین، یکی از دلایل افزایش مصرف سرانهٔ برق می‌تواند ناشی از کاهش قیمت نسبی برق، نسبت به سایر کالاها و خدمات باشد.

نمودار ۶. روند تغییرات مصرف سرانه برق و قیمت واقعی برق



قیمت برق در ایران حتی نسبت به سایر کشورهای جهان در سطح بسیار پایینی قرار دارد. برای

مثال، می‌توان بهای برق خانگی چند کشور را با ایران مقایسه کرد.

بهای برق خانگی در سال ۱۹۸۴-۱۹۸۵ در کشورهای آمریکا، ژاپن، کره جنوبی، مجارستان، تایوان، ونزوئلا و ترکیه، به ترتیب، برابر ۷/۵، ۱۲/۶، ۸/۵، ۲/۳، ۸/۲، ۴/۳ و ۴/۲ سنت به ازای هر کیلووات ساعت بوده است،[1] در حالی که در ایران، به طور متوسط، ۰/۶ سنت بوده است.[2] این در حالی است که متوسط بهای برق خانگی در سال ۱۹۹۴ در همین کشورها، به ترتیب، برابر ۸/۴، ۲۴/۹، ۱۰/۵، ۴/۰، ۹/۳، ۳/۲ و ۷/۶ سنت به ازای هر کیلووات ساعت بوده است و بهای آن در ایران در سال مذکور، به طور تقریبی ۱/۶ سنت بوده است.[3]

مدلهای تقاضای برق

همان‌گونه که در ابتدای این مقاله ذکر شد، هدف از ارائه این مقاله، برآورد توابع تقاضای برق در ایران و محاسبهٔ کششهای قیمتی و درآمدی تقاضای برق در کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌باشد. همچنین با استفاده از این برآوردها، مقدار تقاضای برق در سالهای آینده پیش‌بینی خواهد شد.

در پیش‌بینیهای سالهای اولیهٔ انقلاب، فرض می‌شد که طی سالهای آینده مصرف برق با رشد نسبتاً ثابت و حتی معادل نرخ رشد سالهای قبل زیاد خواهد شد. معمولاً پیش‌بینی تقاضای برق در شرکتهای برق منطقه‌ای بر این اساس صورت می‌گرفت. اما قبول تداوم رشد مرکب با نرخی معادل نرخ سالهای گذشته، بر این مبنا بود که رشد تقاضا برای برق به صورت مستقل و خود به خودی در نظر گرفته می‌شد. به سخن دیگر، فرض بر این بود که اثر عوامل تعیین‌کنندهٔ تقاضا بر طبق الگوی سالهای قبل، در آینده نیز ادامه خواهد یافت و هیچ‌گونه تغییر اساسی در ساختمان اقتصادی کشور صورت نمی‌گیرد.

اگرچه در گذشته، پیش‌بینی ساده از روی رشد سالهای قبل تقریباً پاسخگوی پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در کوتاه‌مدت بوده است، ولی از سالهای ۱۳۶۰ به بعد، چنین پیش‌بینیهایی با میزان مصرف برق همخوانی نداشته است. این نکته، نشانگر آن است که عوامل مؤثر بر تقاضای برق از الگوی پایدار گذشتهٔ خود عدول کرده و تغییر این الگو باعث تغییر تقاضا شده است. اصولاً

---

۱. نگاه کنید به: Energy Price & Taxes

۲. نرخ برابری دلار و ریال تقریباً ۶۰۰ ریال محاسبه شده است.

۳. نرخ برابری دلار و ریال معادل ۱۷۵۰ ریال محاسبه شده است.

تغییرات قیمت برق، جمعیت، درآمد سرانه و قیمت سوختهای جانشین همراه با عواملی از قبیل قابل دسترس بودن برق، از عواملی هستند که تقاضا برای برق را تعیین می‌کنند. بنابراین، روش اصولی در تخمین و پیش‌بینی میزان مصرف برق در سالهای آینده، و به ویژه در بلندمدت، این است که تغییرات عوامل مؤثر را به صورت نظام یافته در نظر بگیریم، و بر همان اساس، میزان تقاضا را پیش‌بینی نماییم.[۱]

به طوری که در قسمتهای پیشین این مقاله دیدیم، تقریباً ارتباط مستقیمی بین میزان تقاضای برق و محصول ناخالص داخلی سرانه و ارتباط معکوسی بین میزان تقاضای برق و قیمت آن وجود دارد. با توجه به مطالب مذکور، حال به تشریح مدلهایی که برای برآورد تابع تقاضای برق، از آنها استفاده کرده‌ایم، می‌پردازیم.

هر مدل اقتصادسنجی براساس یک نظریهٔ اقتصادی شکل می‌گیرد. مدل تقاضا هم بر این اساس پایه‌ریزی شده است و پایهٔ نظری آن، نظریهٔ رفتار مصرف‌کننده است. در واقع، هر مصرف‌کننده‌ای به دنبال حداکثر کردن سطح مطلوبیت خود از مصرف کالاها، با توجه به قید بودجه‌اش می‌باشد. به دلیل مشکل بودن انتخاب فرم مناسب تابع مطلوبیت و استخراج تابع تقاضا از روی آن که با مشکلات و پیچیدگیهایی همراه است، معمولاً از خود تابع تقاضا به صورت مستقیم استفاده می‌شود.

مدلهای کاربردی تقاضا، دارای انواع مختلفی است. در یک دسته از آنها می‌توان دستگاه معادلات تقاضا برای n کالای مختلف را در نظر گرفت و هم می‌توان تقاضای هر کالا را براساس یک تک معادله برآورد نمود. معمولاً در توابع تقاضای تک معادله‌ای، میزان مصرف تابعی از درآمد مصرف‌کنندگان، قیمت همان کالا و قیمت کالاهای جانشین و مکمل و عوامل دیگر است. به دلیل جانشینی ضعیف بین برق با سایر انرژیهای ثانویه (در ایران)، قیمت این انرژیها در تابع در نظر گرفته نشده است. بنابراین، فرم کلی تابع تقاضای برق، به صورت زیر می‌باشد.

$$DE_t = f(Y_t, P_t, PoP_t, ...) \qquad (۱)$$

با استفاده از فرم کلی تابع تقاضا، تابع شماره (۱)، توابع تقاضای ایستا و پویای برق، به صورت

۱.نگاه کنید به: توکلی (۱۳۶۲). صفحه ۱۵.

زیر تعریف می‌شود:[۱]

$$\ln (DE_t / NSE_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln (GDP_t / PoP_t) + \alpha_2 \ln RPE_t + \varepsilon_t \qquad (۲)$$

و

$$\ln (DE_t/NSE_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(GDP_t/PoP_t) + \beta_2 \ln RPE_t + \beta_3 \ln(DE_{t-1}/NSE_{t-1}) + u_t \qquad (۳)$$

توابع شماره (۲) و (۳)، به طور مشخص، به صورت زیر می‌باشند.

$$\ln DEPS_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln GDPP_t + \alpha_2 \ln RPE_t + \varepsilon_t \qquad (۴)$$

و

$$\ln DEPS_t = \beta_0 + \beta_1 \ln GDPP_t + \beta_2 \ln RPE_t + \beta_3 \ln DEPS_{t-1} + u_t \qquad (۵)$$

که در این توابع:

DE_t: مصرف برق در زمان t،

NSE_t: کل مشترکین برق در زمان t،

GDP_t: محصول ناخالص داخلی در زمان t،

Pop_t: جمعیت کشور در زمان t،

RPE_t: قیمت واقعی برق در زمان t،

$DEPS_t$: مصرف سرانهٔ برق به ازای هر مشترک در زمان t،

$GDPP_t$: محصول ناخالص داخلی سرانه در زمان t،

و توابع (۴) و (۵) به ترتیب توابع تقاضای ایستا و پویای برق می‌باشند.

بر این اساس و با استفاده از اطلاعات سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲، توابع (۴) و (۵) به صورت زیر برآورد شده‌اند:[۲]

$$\widehat{\ln DEPS_t} = ۲/۶ + ۰/۴۶ \ln GDPP_t - ۰/۲۱ \ln RPE_t + ۰/۹۱ MA(۱) + ۰/۶ AR(۲) \qquad (۶)$$

(۱۲/۷) (۶/۱۲) (-۳/۳۱) (۱۱/۲) (۹/۱۴)

$\bar{R}^2 = ۰/۹۴۹$ D.W = ۱/۹۳۳ F = ۱۱۳

۱. نگاه کنید به: محمد علی (۱۳۶۳)؛ Houthakker et al. (1974); Eltony (1995).

۲. اعداد داخل پرانتز، زیر ضریبها، بیانگر آمارهٔ t استودنت می‌باشد.

و

$$\ln \widehat{DEPS}_t = ۱/۴۵ + ۰/۳۳ \ln GDPP_t - ۰/۱۸ \ln RPE_t + ۰/۶۱ \ln DEPS_{t-۱} \qquad (۷)$$

(۴/۴۳) (۳/۵۶) (-۳/۵۴) (۸/۸۵)

$\bar{R}^۲ = ۰/۹۷۳$ D.W = ۱/۳۱۳ F = ۲۱۲

در تابع (۶)، تمام ضریبها در سطح ۵ درصد معنی‌دار است و به طوری که آمارهٔ F نیز نشان می‌دهد، فرضیهٔ صفر بودن همزمان تمام متغیرهای مستقل (ضریبهایشان در سطح معنی‌دار ۵ درصد رد می‌شود، همچنین آمارهٔ $\bar{R}^۲$ بیانگر آن است که ۹۵ درصد تغییرات متغیر وابسته (تقاضای سرانهٔ برق) توسط متغیرهای مستقل موجود در تابع قابل توضیح بوده است، و ۵ درصد باقیمانده، مربوط به عواملی است که در تابع لحاظ نشده و در جملهٔ اختلال ظاهر شده است.[۱]

با توجه به فرم لگاریتمی تابع، ضریبهای برآورد شده بیانگر کششهای درآمدی و قیمتی تقاضا می‌باشند. بنابراین، کشش درآمدی تقاضا برابر ۰/۴۶ و کشش قیمتی تقاضا برابر ۰/۲۱- محاسبه شده است و بدین مفهوم است که اگر محصول ناخالص داخلی سرانه ۱۰ درصد افزایش (یا کاهش) یابد (با فرض ثابت بودن سایر عوامل)، تقاضا برای برق در کوتاه‌مدت ۴/۶ درصد افزایش (یا کاهش) می‌یابد. به همین ترتیب، اگر قیمت واقعی برق ۱۰ درصد افزایش (یا کاهش) یابد (با فرض ثابت بودن سایر عوامل)، تقاضا برای برق در کوتاه‌مدت ۲/۱ درصد کاهش (یا افزایش) می‌یابد.

در مجموع، در کوتاه مدت اثر درآمدی بر تقاضای برق، بیش از اثر قیمتی است (گزارش کامپیوتری تابع برآورد شدهٔ شماره (۶) در جدول ۳ در انتهای مقاله ارائه شده است).

نمودار ۷، مقدار واقعی مصرف سرانهٔ برق به ازای هر مشترک (DEPS) و مقدار برآوردی مصرف سرانهٔ برق به ازای هر مشترک (DEST) را طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲ نشان می‌دهد. به طوری که از نمودار مشخص است، برآورد معادلهٔ (۶) را به دلیل عدم برازش مناسب (نسبت به برآورد تابع شماره (۷))، مورد استفاده قرار نمی‌دهیم.

---

۱. تابع شماره (۶) فاقد مشکل خود همبستگی و همخطی می‌باشد.

نمودار ۷. مقادیر واقعی و برآوردی مصرف سرانه برق و مقادیر پسماند

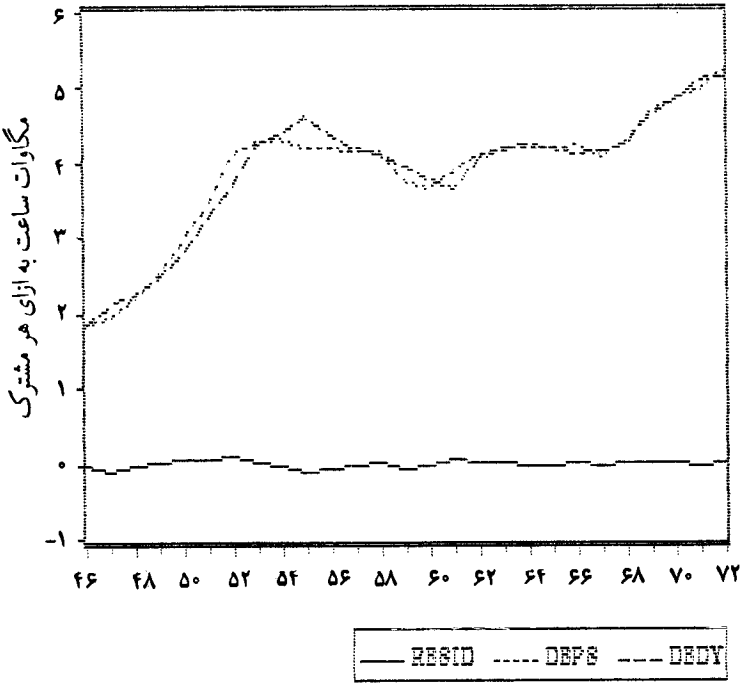
اما در تابع شماره (۷)، به طوری که می‌بینید، آماره‌های t بیانگر معنی‌دار بودن تمام ضریبها در سطح معنی‌دار ۵ درصد می‌باشند. همچنین آمارهٔ F نیز فرضیهٔ صفر بودن همزمان ضریبهای متغیرهای مستقل تابع برآوردی را در سطح معنی‌دار ۵ درصد رد می‌کند. آمارهٔ $\bar{R}^2$ در این تابع، توضیح دهندگی بالای رگرسیون را نشان می‌دهد، به طوری که ۹۷/۳ درصد تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل موجود در تابع قابل توضیح بوده است و مابقی در جملهٔ اختلال ظاهر شده است.[۱]

نمودار ۸ ، مقدار واقعی مصرف سرانهٔ برق به ازای هر مشترک (DEPS) و مقدار برآوردی مصرف سرانهٔ برق به ازای هر مشترک (DEDY) را طی سالهای ۱۳۴۶-۱۳۷۲ نشان می‌دهد. به

۱. این تابع نیز فاقد مشکل خود همبستگی و همخطی می‌باشد.

طوری که می‌بینید، متغیرهای مستقل موجود در تابع به خوبی تغییرات متغیر وابسته را دنبال نموده، و بنابراین، این مدل برای پیش‌بینی مقدار مصرف برق در آینده انتخاب شده است.

نمودار ۸. مقادیر واقعی و برآوردی مصرف سرانه برق و مقادیر پسماند



براساس تابع شماره (۷)، کششهای درآمدی و قیمتی تقاضا در کوتاه‌مدت، به ترتیب، برابر ۰/۳۳ و ۰/۱۸- می‌باشند. بنابراین، در کوتاه‌مدت اثر درآمدی بر تقاضای برق بیش از اثر قیمتی خواهد بود. همچنین کششهای درآمدی و قیمتی تقاضا در بلندمدت، به ترتیب، برابر ۰/۸۵ و ۰/۴۶- به دست آمده است و بدین معناست که، محصول ناخالص داخلی سرانه ۱۰ درصد افزایش (یا کاهش) یابد (با فرض ثابت بودن سایر عوامل)، تقاضا برای برق در بلندمدت ۸/۵ درصد افزایش (یا کاهش) می‌یابد و اگر قیمت واقعی برق ۱۰ درصد افزایش (یا کاهش) یابد (با فرض ثابت بودن سایر عوامل)، تقاضا برای برق در بلندمدت ۴/۶ درصد کاهش (یا افزایش) می‌یابد. در

مجموع، در بلندمدت نیز اثر درآمدی بیش از اثر قیمتی خواهد بود (گزارش کامپیوتری تابع برآوردی شماره (۷) در جدول ۴ در انتهای مقاله ارائه شده است).

پیش‌بینی تقاضای برق

در این قسمت با استفاده از تابع تقاضای برق برآوردی شماره (۷) و ساختن سناریوهای مختلف، کوشیده‌ایم تا تقاضای برق طی سالهای ۱۳۷۵-۱۴۰۰ را شبیه‌سازی و پیش‌بینی نماییم.

فرضهای سناریوی اول

۱. نرخ رشد محصول ناخالص داخلی از سال ۱۳۷۴ به بعد ثابت و معادل ۶/۸ درصد، یعنی معادل متوسط نرخ رشد سالانه برنامه اول فرض شده است.

۲. نرخ رشد جمعیت از سال ۱۳۷۴ به بعد ثابت و معادل ۱/۶ درصد، یعنی معادل متوسط نرخ رشد جمعیت طی سالهای ۱۳۷۰-۱۳۷۵، فرض شده است.

۳. نرخ رشد مشترکین از سال ۱۳۷۴ به بعد معادل ۴/۷ درصد، یعنی معادل متوسط نرخ رشد سالانهٔ برنامهٔ اول فرض شده است.

۴. فرض شده که قیمت واقعی برق طی سالهای ۱۳۷۵-۱۳۸۰ معادل ۶ ریال، طی سالهای ۱۳۸۱-۱۳۸۵ معادل ۷ ریال، طی سالهای ۱۳۸۶-۱۳۹۰ معادل ۸ ریال، طی سالهای ۱۳۹۱-۱۳۹۵ معادل ۹ ریال و طی سالهای ۱۳۹۶-۱۴۰۰ معادل ۱۰ ریال است.

فرضهای سناریوی دوم

۱. نرخ رشد محصول ناخالص داخلی از سال ۱۳۷۴ به بعد ثابت و معادل ۵/۵ درصد، یعنی معادل متوسط نرخ رشد سالانهٔ ۳۵ سالهٔ ۱۳۳۸-۱۳۷۲ فرض شده است.

۲. نرخ رشد جمعیت طی سالهای ۱۳۷۳-۱۳۸۰ معادل ۱/۶ درصد، طی سالهای ۱۳۸۱-۱۳۹۰ معادل ۱/۵۵ درصد و طی سالهای ۱۳۹۱-۱۴۰۰ معادل ۱/۵ درصد فرض شده است.

۳. نرخ رشد مشترکین، همانند سناریوی اول، معادل ۴/۷ درصد فرض شده است.

۴. قیمت واقعی برق از سال ۱۳۷۴ به بعد ثابت و معادل ۷/۱۸ ریال فرض شده است.

فرضهای سناریوی سوم

۱. نرخ رشد محصول ناخالص داخلی از سال ۱۳۷۴ به بعد ثابت و معادل ۴/۵ درصد فرض شده

است.[۱]

۲. نرخ رشد جمعیت، همانند سناریوی دوم فرض شده است.

۳. نرخ رشد مشترکین نیز همانند سناریوی اول فرض شده است.

۴. قیمت واقعی برق از سال ۱۳۷۵ به بعد ثابت و معادل ۶ ریال فرض شده است.

براساس سه سناریوی ارائه شده و با توجه به تابع برآوردی شماره (۷)، مقادیر تقاضای برق در مقاطع مختلف به صورت جدول ۲ پیش‌بینی شده است.

جدول ۲. مقادیر پیش‌بینی شدهٔ تقاضای برق در ایران

(مگاوات ساعت)

سال	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۴۰۰
سناریوی اول	۷۰۲۰۶	۱۱۳۲۹۲	۱۶۵۵۵۹	۲۴۲۰۴۴	۳۵۶۲۵۴	۵۲۷۴۲۹
سناریوی دوم	۶۷۲۳۹	۹۸۸۶۶	۱۴۶۱۵۲	۲۱۶۲۴۵	۳۲۰۴۵۴	۴۷۵۱۴۶
سناریوی سوم	۶۸۸۹۳	۱۰۲۳۴۸	۱۴۵۹۱۹	۲۰۷۴۰۸	۲۹۵۱۷۵	۴۲۰۳۰۲

نتیجه گیری

به طوری که از نتایج مدلهای برآوردی مشخص شد، در هر دو مدل تقاضای ایستا و پویای برق، در کوتاه‌مدت، کشش درآمدی تقاضا بزرگتر از کشش قیمتی تقاضاست. همچنین براساس مدل برآوردی تقاضای پویای برق (تابع شماره (۷))، در بلندمدت نیز کشش درآمدی تقاضا بزرگتر از کشش قیمتی آن می‌باشد. به بیان دیگر، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت اثر افزایش (یا کاهش) درآمد سرانه بر افزایش (یا کاهش) تقاضای برق در کشور (با فرض ثابت بودن عوامل دیگر) بیش از اثر کاهش (یا افزایش) تقاضای برق در نتیجهٔ افزایش (یا کاهش) قیمت واقعی برق می‌باشد. بنابراین، با توجه به پیش‌بینی رشد درآمد سرانه در سالهای آتی، اگر بخواهیم رشد مصرف برق را کاهش دهیم یا دست کم ثابت نگه داریم، باید علاوه بر کاهش تدریجی یارانهٔ برق (به ویژه در پله‌های بالایی مصرف) از سیاستهای مختلف آموزشی، تشویقی و تنبیهی نیز به طور همزمان بهره بگیریم.

---

۱. براساس پیش‌بینی شورای جهانی انرژی برای کشورهای خاورمیانه و جنوب آسیا.

جدول ۳. نتایج برآوردی تابع شماره (۶)

LS // Dependent Variable is LDEPS
Date: 1-30-2076 / Time: 8:14
SMPL range: 1348 - 1372
Number of observations: 25
Convergence achieved after 6 iterations

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	2.5984933	0.2052871	12.657851	0.0000
LGDPP	0.4606198	0.0752910	6.1178638	0.0000
LRPE	-0.2106249	0.0635521	-3.3142100	0.0035
MA(1)	0.9079947	0.0808757	11.227040	0.0000
AR(2)	0.6037656	0.0660799	9.1369047	0.0000

R-squared	0.957560	Mean of dependent var	1.379805
Adjusted R-squared	0.949072	S.D. of dependent var	0.195504
S.E. of regression	0.044120	Sum of squared resid	0.038931
Log likelihood	45.33712	F-statistic	112.8143
Durbin-Watson stat	1.932516	Prob(F-statistic)	0.000000

جدول ۴. نتایج برآوردی تابع شماره (۷)

LS // Dependent Variable is LDEPS
Date: 1-30-2076 / Time: 8:15
SMPL range: 1346 - 1372
Number of observations: 27

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	1.4516276	0.3280489	4.4250343	0.0002
LGDPP	0.3321555	0.0933542	3.5580130	0.0017
LRPE	-0.1813335	0.0511837	-3.5427997	0.0017
LDEPS(-1)	0.6092697	0.0688591	8.8480704	0.0000

R-squared	0.976035	Mean of dependent var	1.324569
Adjusted R-squared	0.972909	S.D. of dependent var	0.273774
S.E. of regression	0.045062	Sum of squared resid	0.046703
Log likelihood	47.54583	F-statistic	312.2390
Durbin-Watson stat	1.312917	Prob(F-statistic)	0.000000

منابع

توکلی، عبدالامیر؛ و محمدحسن خندانی (۱۳۶۲). مدلهای برآورد تقاضا و پیش‌بینی تغییرات بار. نشریهٔ *امور انرژی*. شماره ۱۰، سال اول. ص. ۱۴-۲۰.

محمدعلی، ر. (۱۳۶۳). روشهای پیش‌بینی تقاضای برق. ترجمهٔ داریوش فروغی. نشریهٔ *امور انرژی*. شماره ۵ و ۶، سال دوم. ص. ۵۴-۶۹.

وزارت نیرو (۱۳۷۴). ترازنامهٔ انرژی سال ۱۳۷۳. نشریه *امور انرژی*.

Eltony, M. Nagy (1995). The Sectoral Demand for Electricity in Kuwait. *Opec Review.* Vol. XIX, No. 1. pp. 37-44.

Houthakker, H.S.; P.K. Verleger; and D.P. Sheehan (1974). Dynamic Demand Analyses for Gasoline and Residential Electricity. *American Journal of Agricultural Economics.* Vol. 56, No. 2, pp. 412-418.