فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دهم / شماره‌ی ۴۰/ بهار ۱۳۹۳/ صفحات ۳۷- ۲۱

بررسی اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها و مالیات بر ارزش افزوده بر تقاضای برق در کشور: رویکرد پویایی سیستمی

داوود منظور

دانشیار دانشکده‌ی اقتصاد، دانشگاه امام صادق (علیه السلام) manzoor@isu.ac.ir

حسین رضائی*

دانشجوی دکترای اقتصاد، دانشگاه امام صادق (علیه السلام) hrezaee@isu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۲۴

چکیده

انتظار می‌رود اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها در بازار برق به افزایش قیمت برق در بازار و در نتیجه تغییر در میزان تقاضا منجر شود. به منظور سنجش کمّی اثرات پویا و بلندمدت اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها بر تقاضای برق در کشور، در این مقاله بازار برق کشور به روش پویایی سیستمی مدل سازی می‌شود. این مدل دارای بخش‌های تقاضا، قیمت و تولید است که برای شبیه سازی آن از نرم افزار پاورسیم استفاده می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل حاکی از آن است که در صورت ادامه‌ی روند قیمت‌های گذشته، بازار برق در افق سال ۱۴۰۰ با بیش از ۳۰۰ تراوات ساعت مازاد تقاضا در سال و در نتیجه خاموشی مواجه می‌شود. شبیه سازی بازار برق در چارچوب مدل پیشنهادی حاکی از آن است که اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها در اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها موجب خواهد شد قیمت بازار برق به میزان چشم‌گیری افزایش یافته و در نتیجه تقاضا کاهش می‌یابد و بازار برق به تعادل می‌رسد. چنان‌چه اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها هم زمان با اجرای قانون مالیات بر ارزش افزوده شبیه‌سازی شود، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با فرض متوسط نرخ رشد اقتصادی تجربه شده در یک دهه‌ی اخیر، ۵/۴ درصد، تقاضای برق در پایان دوره ۵/۴ درصد کاهش می‌یابد.

طبقه‌بندی JEL: D43, D50, C63, P22, C61

کلید واژه: بازار برق، تقاضای انرژی الکتریکی، قیمت برق، پویایی سیستمی

---

*- نویسنده مسئول

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

انرژی برق در افزایش رفاه و توسعه‌ی اقتصادی کشورها نقش انکارناپذیری دارد. به سبب ماهیت ویژه‌ی این انرژی از جمله لزوم تعادل لحظه به لحظه‌ی بازار و عدم امکان انبارش در حجم بالا، آن‌را از سایر انرژی‌ها متمایز می‌کند. هم‌چنین به دلیل هزینه‌های سنگین ناشی از قطع برق، همواره تأمین برق مطمئن یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران بخش انرژی کشور است.

از سال ۱۳۸۹ با تصویب قانون هدفمندی یارانه‌ها در کشور، اصلاح قیمت‌های انرژی آغاز شده است. انتظار می‌رود افزایش قیمت سوخت تحویلی به نیروگاه‌ها، در بازار برق تجدیدساختار یافته و منجر به افزایش قیمت برق و در نهایت کاهش تقاضای برق شود. برای تحلیل این اثرات از یک مدل پویایی سیستمی برای بازار برق استفاده می‌شود.

رویکرد پویایی سیستمی تکنیک بسیار قوی برای حل مسأله و الگوی بسیار خوبی برای تبدیل الگوهای ذهنی به مدل‌های کمّی است (استرمن[1]، ۲۰۰۰). در فرآیند مدل‌سازی پویایی سیستمی، ابتدا مسأله‌ی اصلی تحقیق و محدوده‌ی مدل مشخص می‌شود. سپس به منظور مدل کردن رفتار متغیرهای پویا، مدل‌ساز فرضیه‌ی دینامیکی را با استفاده از تئوری‌ها و ادبیات نظری تدوین می‌کند. با استفاده از نمودارهای علّی و معلولی روابط بین متغیرهای تعیین شده، به منظور اجرای مدل و بررسی دقیق‌تر متغیرها، نوع آن‌ها را بر حسب روابط حالت – جریان مشخص می‌کنیم. پس از رسم نمودارهای جریان– حالت روابط بین متغیرها فرمول‌بندی می‌شود. اجرا و ارزیابی نتایج مدل در مرحله‌ی نهایی قرار دارند. از ویژگی‌های رویکرد پویایی سیستمی، در نظر گرفتن تأخیرات و استفاده از بازخورد نتایج در دوره‌ی بعد است.

در ادامه در قسمت دوم، مطالعات انجام شده مرور خواهد شد و در قسمت سوم وضعیت گذشته و حال قیمت و تقاضای برق در کشور معرفی می‌شود. در قسمت چهارم ساختار کلی مدل در قالب نمودارهای علّی - معلولی و نمودارهای جریان حالت تشریح شده و ضمن معرفی داده‌های مورد استفاده مقادیر پارامترهای الگوی پیشنهادی تعیین می‌شود. در قسمت پنجم نتایج حاصل از شبیه سازی مدل تحت سناریوهای مختلف تجزیه و تحلیل می‌شود. قسمت پایانی به جمع بندی و نتیجه گیری می‌پردازد.

1- Sterman. J.D. (2000), pp.3-40

Archive of SID

www.SID.ir

۲- مروری بر مطالعات انجام شده

" شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران در سال ۱۳۸۲در مطالعه‌ای با عنوان "پیش‌بینی نیاز مصرف شبکه سراسری تا سال ۱۳۹۲ "با روش پویایی سیستمی به شبیه سازی تقاضای برق تحت سناریوهای مختلف پرداخته است. در این مطالعه تولید ناخالص داخلی، جمعیت، متوسط بهای برق مهمترین عوامل موثر بر تقاضا بوده‌اند" بوترود[1] (۲۰۰۲)، به تحلیل بلندمدت بازار برق نروژ با رویکرد پویایی سیستمی پرداخته است. وی تقاضا را به دو جزء تقاضای ثابت و انعطاف‌پذیر تقسیم کرده است.

ووگستود[2] (۲۰۰۵)، به منظور تحلیل بلندمدت بازار برق تجدیدساختار شده‌ی نروژ، به مدل‌سازی عرضه، تقاضا و قیمت برق با رویکرد پویایی سیستمی پرداخته است.

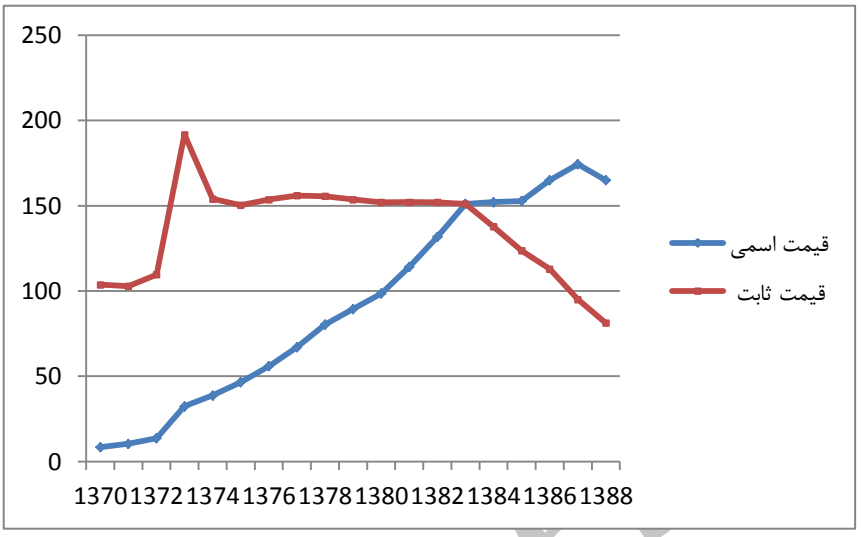
موسوی اهرنجانی و قادری (۱۳۸۶)، برای تحلیل عوامل مؤثر بر تقاضای برق در بخش صنعت از رویکرد پویایی سیستمی استفاده کرده‌اند. عواملی مانند ارزش افزوده، تعرفه‌ی برق صنعتی و بهره‌وری تجهیزات از جمله عوامل مؤثر بر تقاضای برق در بخش صنعت تلقی شده‌اند.

۳- نگاهی به تقاضای برق در کشور

در طول دهه‌های گذشته، سیاست‌های قیمت‌گذاری انرژی به سمتی سوق داده شده است که همواره قیمت حامل‌های انرژی در کشور از میانگین قیمت‌های جهانی بسیار پایین‌تر تعیین شده است. اعطای یارانه به این طریق در سال‌های اخیر تأثیرات مخربی بر اقتصاد وارد کرده است. از جمله‌ی این تأثیرات می‌توان به رشد فزاینده‌ی تقاضای داخلی، پایین بودن شاخص‌های بهره‌وری مصرف انرژی نسبت به متوسط جهانی، کاهش سرمایه‌گذاری جدید در بخش تولید، پالایش، انتقال، افزایش واردات حامل‌های مختلف انرژی و قاچاق سوخت اشاره کرد.

1- Botterud
2- Vogstad K

Archive of SID
www.SID.ir



مأخذ: آمار ایران و جهان، وزارت نیرو، دفتر کلان برق و انرژی، ۱۳۹۰

نمودار ۱- قیمت فروش برق جاری و ثابت (سال پایه ۱۳۸۳) بخش های مختلف اقصادی بر حسب کیلووات ساعت

قیمت‌های اسمی برق طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۰ به طور متوسط ۲۰ درصد رشد داشته است، در صورتی‌که قیمت‌های حقیقی (سال پایه‌ی ۱۳۸۳) جز سال‌های بسیار محدود، ثابت بوده و یا رشد منفی داشته است (نمودار ۱). در سال ۱۳۸۸، قیمت برق خانگی[۱] در انگلستان ۲۰۶۰ ریال، ایالات متحده‌ی آمریکا ۱۱۵۰ ریال، ترکیه ۱۶۵۰ ریال و در کشور ایران ۱۲۹ ریال بوده است[۲]. سطح بسیار پایین قیمت برق موجب رشد ۸ درصدی تقاضا در این سال‌ها شده است.

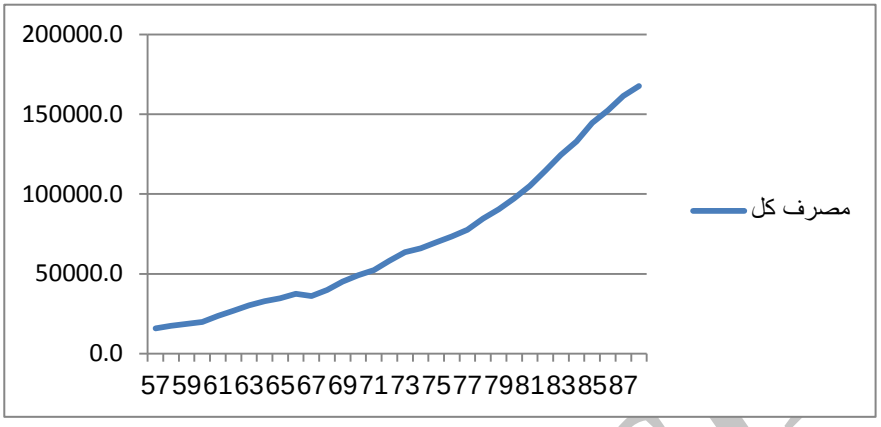
نمودار ۲، روند تقاضای برق را طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۵۷ نشان می‌دهد. ادامه‌ی چنین رشد تقاضایی در سال‌های آتی بسیار نگران‌کننده می‌باشد و تأمین آن به سرمایه‌گذاری بسیار کلانی نیاز دارد.

۱- با احتساب یک دلار معادل ۱۰۰۰۰ ریال

۲- آمار و نمودارهای انرژی ایران و جهان، وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی برق و انرژی ، ۱۳۸۸.

Archive of SID

www.SID.ir



مأخذ: ترازنامه‌های انرژی سال‌های ۸۸-۱۳۶۶، وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی

نمودار ۲- مصرف برق طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۵۲ بر حسب گیگاوات ساعت

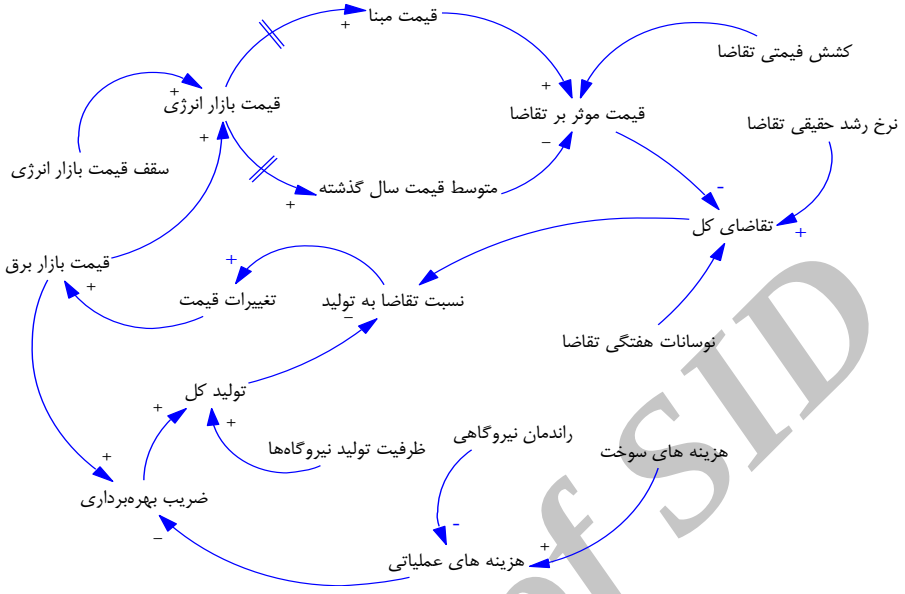
۴- ساختار کلی مدل و داده‌های مورد استفاده

در مدل پویایی سیستمی بازار برق، بین عرضه و تقاضا حلقه‌های بازخورد گوناگونی وجود دارد و قیمت برق مهم‌ترین حلقه‌ی ارتباطی بین عرضه و تقاضا می‌باشد.

تغییرات تقاضای برق از یک سو ناشی از رشد تولید ملی، رشد جمعیت و تغییرات فن‌آوری و از سوی دیگر تحت تأثیر قیمت برق است. نسبت قیمت متوسط برق در دوره‌ی قبل به یک قیمت مبنا[1] (انتظارات تطبیقی قیمت بر اساس قیمت‌های گذشته) به عنوان قیمت مؤثر بر تقاضا در نظر گرفته می‌شود. قیمت مؤثر با توجه به کشش قیمت تقاضا در قالب یک فرم تابعی کاب داگلاس، بخشی از تغییرات تقاضا را موجب می‌شود. بدین ترتیب، مصرف‌کنندگان، متوسط قیمت در دوره‌ی گذشته را با قیمت مبنا مقایسه کرده و با توجه به کشش قیمتی تقاضای خود را تعدیل می‌کنند (استرمن ۲۰۰۰، هوگارس۱۹۸۷)[2]. لازم به ذکر است قیمت متوسط برق در هر دوره (سالانه) با توجه به قیمت‌های تعادلی بازار برق تعیین می‌شود که به نوبه‌ی خود تحت تأثیر ظرفیت‌های عرضه و تولید و هزینه‌های عملیاتی نیروگاه‌ها می‌باشد. مجموعه‌ی این روابط علّی و معلولی در یک تصویر کلان در نمودار (۴) نشان داده شده است.

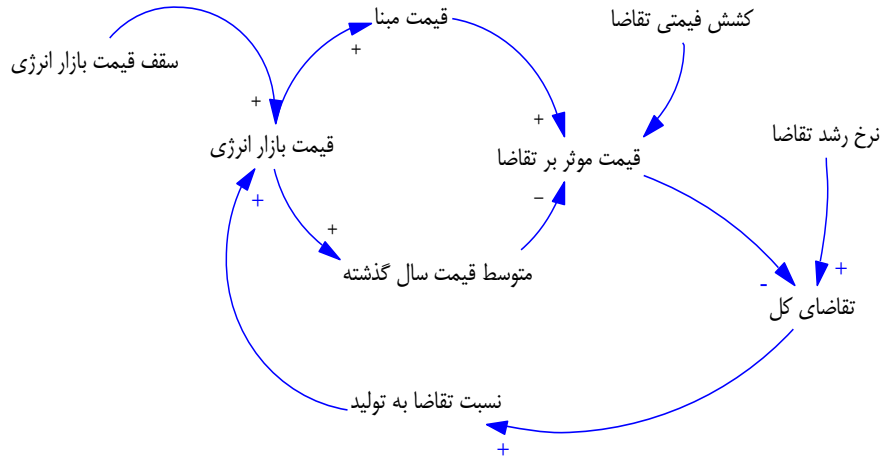
1- reference price
2- sterman, Hogarth.

www.SID.ir



نمودار ۴- روابط علّی – معلولی بازار برق

همان‌گونه که در این نمودار ملاحظه می‌شود روابط علّی و معلولی در این مدل از سه بخش اصلی شامل روابط علّی- معلولی تقاضا، روابط علّی- معلولی تولید و روابط علّی- معلولی قیمت تشکیل می‌شود.

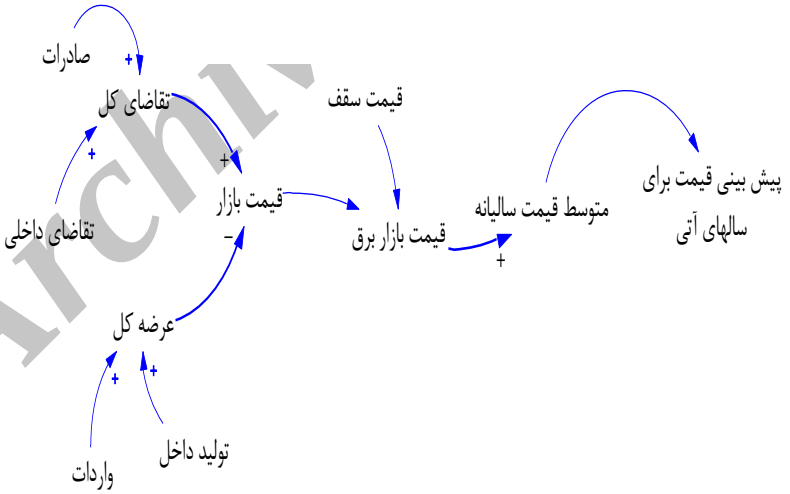


نمودار ۵- روابط علّی- معلولی تقاضا

www.SID.ir

نمودار (۵)، روابط علّی- معلولی تقاضا را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تغییرات تقاضا تابعی از عوامل قیمتی و عوامل حقیقی در اقتصاد است. قیمت تأثیر منفی و عوامل حقیقی تأثیر مثبت بر تقاضا دارند. افزایش تقاضا سبب افزایش نسبت تقاضا به تولید و در نتیجه افزایش قیمت بازار برق می‌شود. افزایش قیمت بازار برق تعادلی به نوبه‌ی خود کاهش تقاضا را در بازخورد بعد موجب می‌شود.

نمودار (۶)، روابط علّی – معلولی قیمت را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود افزایش تقاضا سبب افزایش نسبت تقاضا به عرضه و در نتیجه افزایش قیمت بازار برق می‌شود. افزایش قیمت تعادلی در نهایت با رعایت سقف قیمت بازار سوی افزایش قیمت متوسط سالیانه‌ی بازار برق را موجب می‌شود. افزایش قیمت متوسط سالیانه بازار برق از یک سو سبب کاهش تقاضا و در نهایت کاهش نسبت تقاضا به عرضه و از سوی دیگر سبب افزایش ضریب بهره‌برداری از نیروگاه‌ها می‌شود. افزایش ضریب بهره‌برداری، با فرض ثابت بودن هزینه‌های عملیاتی انواع مختلف نیروگاه‌ها، سبب افزایش تولید و کاهش نسبت تقاضا به تولید می‌شود که در نهایت تأثیر منفی بر قیمت بازار برق دارد، بنابراین افزایش قیمت از یک سو تقاضا را می‌کاهد و از سوی دیگر تولید را افزایش و در نهایت بازار به تعادل بازمی‌گردد.

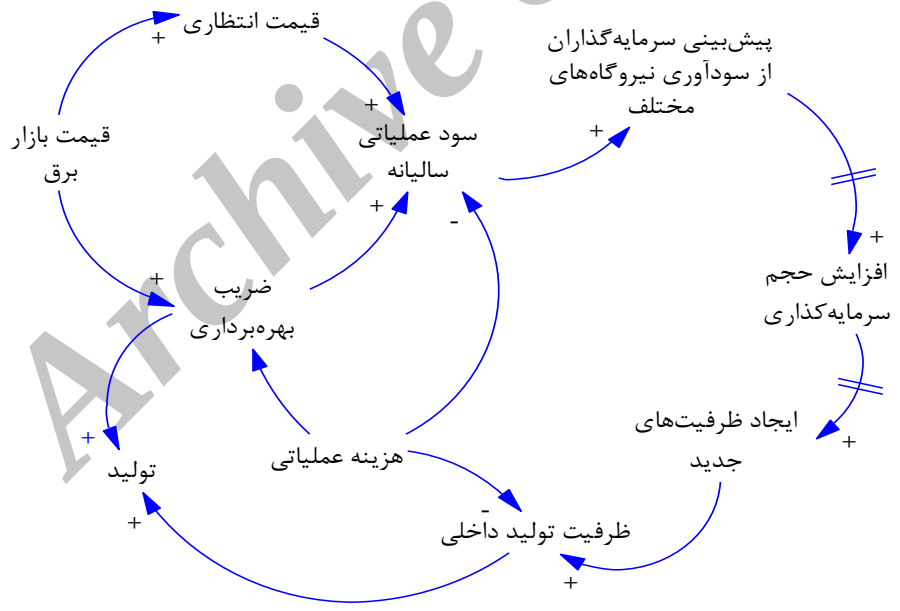


نمودار ۶- روابط علّی – معلولی قیمت

Archive
www.SID.ir

نمودار (۷)، روابط علّی – معلولی تولید را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، افزایش قیمت بازار برق سبب افزایش قیمت انتظاری می‌شود. قیمت انتظاری سود عملیاتی سالیانه انواع نیروگاه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد که به نوبه‌ی خود تغییرات سرمایه‌گذاری در انواع نیروگاه‌ها را به دنبال دارد.

هزینه‌های عملیاتی و ضریب بهره‌برداری از دیگر عوامل مؤثر بر پیش‌بینی سرمایه‌گذار از سود عملیاتی سالانه است. به دلیل این‌که بازار برق رقابتی است، انتظار می‌رود در بلندمدت سرمایه‌گذاری‌ها به سمت فناوری‌های با سوآوری بیش‌تر (هزینه‌ی نهایی بلندمدت کم‌تر) سوق داده شود. بنابراین، با افزایش قیمت انتظاری سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌هایی که هزینه‌ی نهایی بلندمدت کم‌تری دارند، افزایش می‌یابد. با افزایش سرمایه‌گذاری، ظرفیت تولید نیروگاه‌ها افزایش یافته و تولید بیش‌تر می‌شود. نکته‌ی مهم این است که ایجاد ظرفیت‌های جدید با تأخیر چندساله همراه است. افزایش تولید در نهایت سبب کاهش نسبت تقاضا به تولید شده، قیمت تعادلی بازار برق کاهش می‌یابد و این بازخورد منفی هم‌چنان ادامه می‌یابد.



نمودار ۷- روابط علّی – معلولی تولید

Archive of SID

www.SID.ir

مجموعه‌ی روابط نمودار (۴) را به بیان ریاضی در قالب علائم مـورد اسـتفاده در نـرم افزار پاورسیم به صورت زیر می‌توان بازنویسی کرد:

$$Q_d = D_t \times D_v \quad [TWh/yr] \quad (۱)$$

$$D_t = D_0 + \int_{s=۱}^{t} \Delta D_t \, dt \quad [TWh/yr] \quad (۲)$$

$$D_0 = constant \quad [TWh/yr] \quad (۳)$$

$$P_{eq} = P_0 + \int_{s=1}^{t} \Delta P_s \, dt \quad [RIAL/MWh] \quad (٤)$$

$$\Delta D_t = D_t \times (\dot{D}_r + \dot{D}_p) \quad [TWh/yr] \quad (٥)$$

$$\dot{D}_r = \dot{G}_r + \dot{p_{op}} \quad [1/yr] \quad (٦)$$

$$\dot{D}_p = \left(\frac{P_{t-1}}{P_{ref}}\right)^{e_p} \quad [\%/yr] \quad (۷)$$

$$= SMOOTH(\text{end user price}, 5\ yr)\ P_{t-1} \quad [RIAL/MWh] \quad (۸)$$

$$= DELAYINF(\text{end user price}, 1\ yr)\ P_{ref} \quad [RIAL/MWh] \quad (۹)$$

$$P_e = constant \quad [1/yr] \quad (۱۰)$$

$$D_v = GRAPHCURVE(time, 0wk, 1wk, \{c_0, c_1, c_2, \ldots\ldots, c_{52}\}) \times 52 \quad [wk/yr] \quad (۱۱)$$

$$Ap_t = SLIDINGAVERAGE(P_t, 1\ yr) \quad [Rial/MWh] \quad (۱۲)$$

$$= [(P_{eq} \times (Q_d - TG))/ Q_d] \times \frac{۱}{AT} \Delta P_s \quad [Rial/MWh/da] \quad (۱۳)$$

$$CF = \frac{P}{OC} \quad \% \quad (۱٤)$$

$$TG = Ca \times CF \times hr \quad [twh/yr] \quad (۱٥)$$

www.SID.ir

در روابط فوق، D_t تقاضای سالیانه، ΔD_t تغیرات تقاضای سالیانه، P_t قیمت تعادلی بازار برق، $\dot{D}_r$ نرخ تغییرات تقاضا ناشی از عوامل حقیقی معادل مجموع نرخ رشد جمعیت ($\dot{p}_{op}$) و نرخ رشد تولید ملی حقیقی ($\dot{G}_r$)، $\dot{D}_p$ تغییرات تقاضا ناشی از عامل قیمت، e_p کشش قیمتی تقاضای برق، P_{t-1} میانگین قیمت در سال گذشته و P_{ref} قیمت مرجع است. SMOOTH، تابع هموارسازی نمایی در نرم افزار پاورسیم می‌باشد که به کمک آن قیمت هموارسازی شده براساس قیمت‌های چند دوره‌ی گذشته محاسبه می‌شود. DELAYINF، تابع تأخیر در نرم‌افزار پاورسیم است که مقدار متغیر در گذشته را با دوره‌ی تأخیر معینی نشان می‌دهد. D_v، نوسانات تقاضای برق در ضمن یک دوره، مثلا نوسانات هفتگی در یک دوره‌ی سالانه را نشان می‌دهد. برای اعمال این نوسانات در نرم‌افزار پاورسیم از تابعی موسوم به GRAPHCURVE، استفاده می‌شود. ضرائب مورد استفاده در این تابع سهم تقاضای برق در هفته‌های مختلف از کل تقاضای سالانه را نشان می‌دهد. Ap_t، متوسط قیمت سالیانه‌ی بازار برق است که برای محاسبه‌ی آن از تابعی موسوم به SLIDINGAVERAGE در نرم‌افزار پاورسیم استفاده می‌شود. TG تولید کل، Cf_i، متوسط ضریب بهره‌برداری نیروگاه نوع iام، hr، تعداد ساعات در طول سال وOc_i هزینه‌ی عملیاتی تولید هر کیلووات ساعت نیروگاه نوع iام و Ca_i ظرفیت تولید نیروگاه نوع iام است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود این مدل شامل پارامترهای برون‌زای گوناگونی است که مقادیر آن‌ها باید پیش از حل مدل با توجه به وضعیت سال‌های گذشته‌ی صنعت برق کشور تعیین شود. عناوین این پارامترها و مقادیر مورد استفاده برای آن‌ها در جدول (۱) آمده است.

مقادیر مختلفی برای کشش قیمتی تقاضای برق در بلندمدت در تحقیقات مختلف برآورد شده است. در این مقاله کشش قیمتی کل تقاضای برق بلندمدت ۰/۸۶- لحاظ شده است (سهیلی کیومرث، ۱۳۸۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- پارامترهای مدل تقاضا و مقادیر مفروض برای آن‌ها

نام متغیر	علامت اختصاری	مقدار	نام متغیر	علامت اختصاری	مقدار
نرخ تغییرات واقعی تقاضا (درصد)	$\dot{D}_r$	۶/۴	کشش قیمتی بلندمدت تقاضای برق[۲]	E_P	-۰/۸۶
قیمت[۳] اولیه‌ی بازار برق در سال ۸۸ (ریال بر کیلووات ساعت)	P_0	۱۶۵	سقف قیمت بازار (ریال بر کیلووات ساعت)	$P_{cei}0$	۵۰۰
تقاضای اولیه (تراوات ساعت در سال)	D_0	۱۶۷/۵	نرخ رشد سقف قیمت بازار (درصد)	$\dot{Pcer}$	۱۰
صادرات بر حسب گیگاوات ساعت[۱]	Ex	۶۱۵۲	واردات بر حسب گیگاوات ساعت	Mp	۲۰۶۸
قیمت صادرات بر حسب ریال بر گیگاوات ساعت	P_{ex}	۴۶۰	قیمت واردات بر حسب ریال بر گیگاوات ساعت	P_{mp}	۲۳۲/۶
متوسط راندمان نیروگاه‌ها (درصد)	ef	۳۶/۲	هزینه‌ی سوخت تولید یک کیلووات ساعت برق توسط نیروگاه‌های گازی برحسب ریال[۵]		۱۷/۷
هزینه‌ی سوخت تولید یک کیلووات ساعت برق توسط نیروگاه‌های بخاری بر حسب ریال		۱۱/۲	هزینه‌ی سوخت تولید یک کیلووات ساعت برق توسط نیروگاه‌های سیکل‌ترکیبی[۶]		۱۱/۸
تعداد ساعات سال	Hr	۸۷۶۰	نرخ رشد قیمت برق طی سال‌های ۸۸-۸۰ (درصد)	$\dot{P}_t$	۷/۳
نرخ رشد تولید ناخالص داخلی	$\dot{G}_r$	۵/۴	نرخ رشد جمعیت	$\dot{P}_{op}$	۱/۷

مأخذ: ۱- سایت بانک مرکزی. ۲- سایت شرکت مدیریت شبکه‌ی برق ایران. ۳ و ۴- دفتر روابط برون مرزی، شرکت مدیریت شبکه‌ی برق ایران ۶ و ۵- محاسبات محقق

۵- شبیه سازی مدل

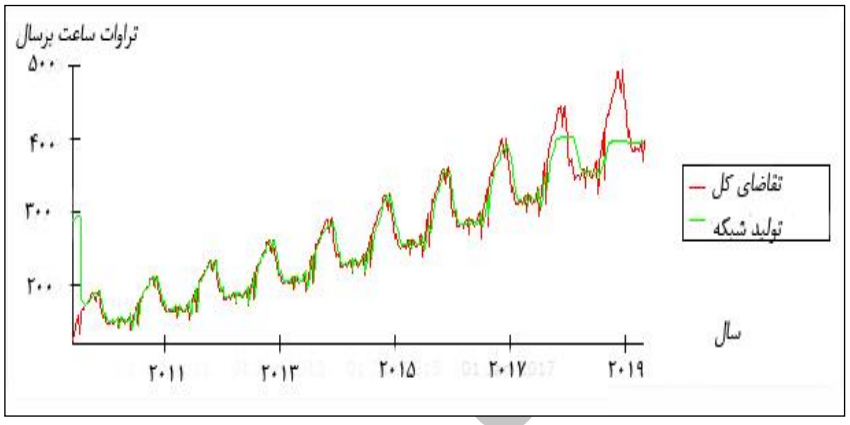
در این بخش، روند تقاضای کل برق در کشور در یک بازه‌ی زمانی ۱۰ ساله (۱۳۹۸-۱۳۸۸) شبیه‌سازی می‌شود.

چنان‌چه قیمت برق به صورت دستوری خارج از مکانیزم بازار بر قیمت تعیین شود و اصلاح قیمت سوخت نیروگاهی انجام نگیرد، بر اساس روابط علّی- معلولی قیمت و

۱- ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۸۸

Archive of SID
www.SID.ir

روابط علّی - معلولی تولید، روند تقاضا و تولید برق به صورت نمودار (۷) پیش‌بینی می‌شود. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می‌دهد که تقاضای برق از ۱۸۴/۱۸ تراوات ساعت در ابتدای دوره به ۳۳۴/۳ تراوات ساعت و تولید به ۲۹۱ تراوات ساعت در پایان دوره می‌رسد. نوسانات منحنی تقاضا نشان دهنده‌ی نوسانات هفتگی است.



مأخذ: محاسبات محقق

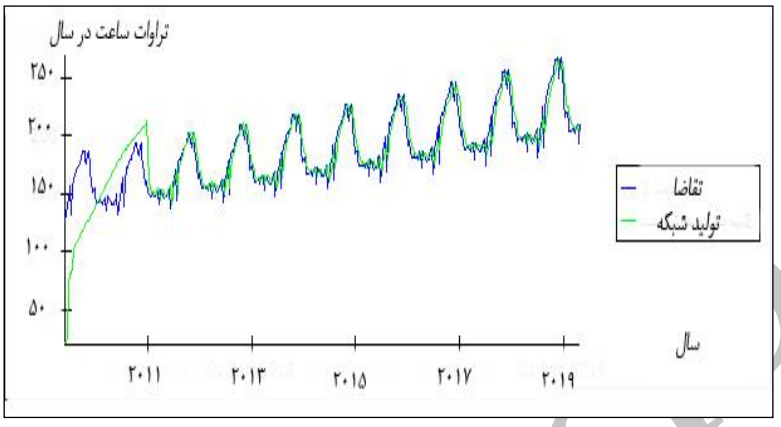
نمودار ۷- مقایسه‌ی روند تقاضا و تولید در صورت عدم اجرای سازوکار بازار برق و عدم اجرای هدفمندی سوخت نیروگاه‌ها

حال تقاضا و تولید انرژی الکتریسیته در دوره‌ی مورد نظر با فرض اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها بر اساس قانون هدفمندی یارانه‌ها بررسی می‌شود. در مرحله‌ی اول اجرای این قانون قیمت گاز تحویلی به نیروگاه‌ها از ۴۹/۴ در هر متر مکعب به ۸۰۰ ریال در هر متر مکعب افزایش یافته است. قیمت گازوئیل و نفت کوره نیز به ترتیب از ۵۹/۱۸ و ۳۰/۶ ریال بر هر لیتر به ۲۵۰۰ و ۷۰۰ ریال برای هر لیتر افزایش یافته است.

بر اساس مدل پیشنهادی، به‌دنبال اجرای این سیاست، روند عرضه و تقاضا در افق برنامه‌ریزی (۹۸-۱۳۸۸) به‌گونه‌ای است که در نمودار (۸) ملاحظه می‌شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها در بازار برق تجدیدساختار شده موجب برطرف شدن مازاد تقاضا در طول دوره‌ی مورد بررسی و برقراری تعادل در بازار برق می‌شود.

Archive of SID

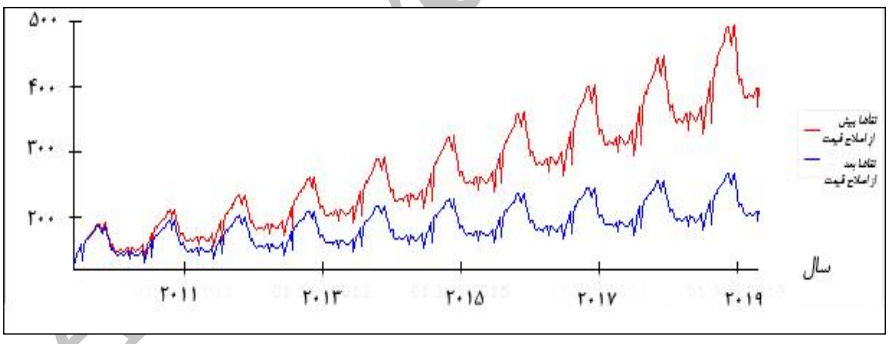
www.SID.ir



مأخذ: محاسبات محقق

نمودار ۸- مقایسه‌ی روند رشد تولید و تقاضا در صورت برقراری سازوکار بازار و اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها

در نمودار (۹)، روند تقاضای برق در پی افزایش قیمت سوخت نیروگاه‌ها با روند آن در صورت عدم افزایش قیمت سوخت نیروگاه‌ها مقایسه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تقاضا در پایان دوره به میزان ۴/۵ درصد کاهش می‌یابد.



مأخذ: محاسبات محقق

نمودار ۹- مقایسه‌ی روند تقاضا در شرایط پیش از اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها و پس از آن

یکی از پارامترهای مهم در پیش‌بینی عرضه و تقاضای برق، نرخ رشد اقتصادی است. در تحلیل سیاستی اولیه‌ی نرخ رشد اقتصادی در دوره‌ی پیش‌بینی برابر با متوسط نرخ رشد ده سال گذشته (۵/۴٪) فرض شده است. حال می‌توان اثرات افزایش نرخ رشد اقتصادی به ۸٪، نرخ رشد هدف‌گذاری شده در قانون برنامه‌ی پنجم توسعه (۱۳۹۴-

www.SID.ir

۱۳۹۰) را بر بازار برق بررسی کرد. نتایج اجرای مدل در این حالت حاکی از کاهش تقاضا در پایان دوره به میزان ۱۲/۳ درصد در مقایسه با شرایط قبل از افزایش قیمت سوخت نیروگاه‌ها می‌باشد.

در خاتمه به بررسی اثرات وضع مالیات بر ارزش افزوده در بازار برق پرداخته می‌شود براساس قانون برنامه‌ی پنجم توسعه‌ی جمهوری اسلامی ایران، مالیات بر ارزش افزوده با نرخ ۴ درصد در سال ۱۳۹۰وضع می‌شود و تا سال ۱۳۹۴ به ۸٪ افزایش می‌یابد. اثرات وضع این مالیات در بازار برق به کمک مدل پیشنهادی شبیه سازی شده و نتایج به دست آمده نشان می‌دهد با فرض نرخ رشد اقتصادی ۵/۴ درصد، تقاضای برق در پایان دوره به ۳۱۶/۲ تراوات ساعت خواهد رسید. بدین ترتیب، مالیات بر ارزش افزوده موجب ۵/۴ درصد کاهش در تقاضای برق تا پایان دوره‌ی مورد بررسی خواهد شد.

۶- نتیجه گیری و پیشنهادات

این مقاله با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی به بررسی تأثیر افزایش قیمت سوخت نیروگاهی و وضع مالیات بر ارزش افزوده بر روند تقاضای انرژی الکتریکی در سناریوهای مختلف می‌پردازد. در رویکرد پویایی سیستمی ضرورت دارد به منظور مدل‌سازی تقاضای انرژی الکتریکی، کل سیستم بازار برق (عرضه، تقاضا و قیمت) هم‌زمان مدل‌سازی شود.

مدل پویایی سیستمی پیشنهادی روند تقاضای کل اقتصاد را شبیه‌سازی می‌کند. سال مبنا ۱۳۸۸ در نظر گرفته شده است و شبیه‌سازی، برای دوره‌ی زمانی ده ساله (۱۳۹۸-۱۳۸۸) انجام می‌گیرد. با توجه به نتایج مدل، در صورت عدم اصلاح قیمت سوخت نیروگاهی در دو سال پایانی دوره‌ی شبیه‌سازی با مازاد تقاضا مواجه می‌شویم، به طوری که تقاضای برق از ۱۸۴/۱۸ تراوات ساعت در ابتدای دوره به ۳۳۴/۳ تراوات ساعت و تولید به ۲۲۱ تراوات ساعت در پایان دوره می‌رسد.

در ادامه، دو گزینه‌ی مختلف اصلاح قیمت سوخت نیروگاهی در اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها و وضع مالیات برارزش افزوده را شبیه‌سازی شده که این امر با فرض نرخ رشد اقتصادی دوره‌ی ده ساله گذشته ۴/۵ درصد کاهش در تقاضا و با فرض افزایش نرخ رشد اقتصادی به ۸٪، کاهش تقاضا در پایان دوره به میزان ۱۲/۳ درصد را موجب می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

با فرض اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها و به طـور همزمـان وضـع مالیـات بـر ارزش افزوده در بازار برق نتایج شبیه‌سازی شده نشان می‌دهد که با فرض نرخ رشـد اقتصـادی ۵/۴ درصد، تقاضای برق در پایان دوره به ۳۱۶/۲ تراوات سـاعت خواهـد رسـید و بـدین ترتیب، مالیات بر ارزش افزوده موجب ۵/۴ درصد کاهش در تقاضای برق تا پایان دوره‌ی مورد بررسی خواهد شد.

فهرست منابع

آمار تفصیلی صنعت برق ایران ۱۳۹۰

ترازنامه‌ی انرژی ۱۳۹۰، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.

موسوی اهرنجانی پریسا, آزاده محمدعلی، (۱۳۸۶)، "شبیه سازی تقاضـای بـرق صـنایع ایران با استفاده از سیستم داینامیک "دانشکده‌ی فنی دانشگاه تهران .۹۴۳-۹۵۳.

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

AŞ, M. (2011). A Decision Support Tool For Feasibility Assessment Of Hydro Electrical Power Plant Projects, Middle East Technical University.

Asili, M., et al. (2008). "An improved mechanism for capacity payment based on system dynamics modeling for investment planning in competitive electricity environment." Energy policy 36(10): 3703-3713.

Botterud A., Ilic M.D. and I. Wangensteen (2003), "Optimization of generation investments under uncertainty in restructured power markets" The paper appears in the Proceedings of the Intelligent System Application to Power Systems (ISAP 2003), Lemnos – Greece.

Botterud A., Korpas M., Vogstad K. and I. Vangensteen (2002), "A dynamic simulation model for long-term analysis of the power market" The paper appears in the Proceedings of the 14th Power System Computation Conference (PSCC'02), Sevilla – Spain.

Botterud A. (2002), "Long-Term Planning in Restructured Power Systems Dynamic Modelling of Investments in New Power Generation Under Uncertainty", PHD Thesis Submitted to the Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim.

Eltony M., Nagy H. and Mohamad Yousuf (1993), "The Structure of Demmand for Electricity in the Persian Gulf Cooperation Council Countries", the Journal of Energy and Development, spring,

Archive of SID

www.SID.ir

Eltony M.N., and H. Asrual, (1996), "A cointegration Relationship in the Demand for Energy: The case of Electricity in Kuwait", the Journal of Energy and development, Vol.19, PP: 493-513.

Ford A. (1999), "Cycles in competitive electricity markets: a simulation study of the western United States", Energy Policy, Vol. 27, pp. 637-658.

Hasani-Marzooni, M. and S. Hosseini (2012). "Trading strategies for wind capacity investment in a dynamic model of combined tradable green certificate and electricity markets." Generation, Transmission & Distribution, IET 6(4): 320- 330.

Hasani-Marzooni ,M. and S. H. Hosseini(2011). "Dynamic model for market-based capacity investment decision considering stochastic characteristic of wind power." Renewable Energy 36(8): 2205-2219.

Hasani-Marzooni, M. and S. H. Hosseini (2012) "Dynamic interactions of TGC and electricity markets to promote wind capacity investment." Systems Journal, IEEE 6(1): 46-57.

Hasani-Marzooni, M. and S. H. Hosseini (2012). "Short-Term Market Power Assessment in a Long-Term Dynamic Modeling of Capacity Investment".

Hasani-Marzooni, M. and S. H. Hosseini (2013). "Dynamic analysis of various investment incentives and regional capacity assignment in Iranian electricity market." Energy policy.

Hasani, M. and S. H. Hosseini (2011). "Dynamic assessment of capacity investment in electricity market considering complementary capacity mechanisms." Energy 36(1): 277-293.

Jager, T.,Schmidt,S.,Karl,U.,(2009).Asystem dynamics model for the German electricity market–ananalysis of economic and environmental policy related impacts on electricity prices and CO2 emissions. In:Proceeding softhe International Conference on Policy Modeling,Ottawa,Canada,1–14.

Nomikos, N. K. and O. A. Soldatos (2010). "Modelling short and long-term risks in power markets: Empirical evidence from Nord Pool." Energy policy 38(10): 5671-5683.

Olsina, F. Garces, and H. J. Haubrich,(2006). "Modeling long-term dynamics of electricity markets," Energy Policy, vol. 34, no. 12, pp. 1411–1433, Aug..

Sterman J.D. (2000): "Business Dynamics, Systems Thinking and Modeling for a Complex World", McGraw-Hill.

TAVANIR Company,(2010). The detailed annual data of Iran electric power industry: generation section in 2009–2010.

Archive of SID

www.SID.ir

Vogstad K. (2005): "A system dynamics analysis of the Nordic electricity market : The transition from fossil fuelled toward a renewable electricity supply within a liberalized electricity market", PhD Thesis Submitted to Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim.

http://www.pep.moe.org.ir

http://www.tavanir.org.ir

Archive of SID

www.SID.ir