بررسی تأثیر هدفمندسازی یارانه‌ها بر مصرف برق مشترکان خانگی در شهر تهران با استفاده از الگوریتم ژنتیک

حسن رنگریز[1]　　هومن پشوتنی‌زاده[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۲　　تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۲۵

چکیده

در این مطالعه روند مصرف برق در شهر تهران، در قبل و بعد از هدفمندسازی یارانه‌ها با استفاده از مجموعه اطلاعات جمع‌آوری شده از مشترکان خانگی شرکت توزیع برق منطقه‌ای تهران در دورهٔ زمانی مردادماه سال ۱۳۷۹ تا آبان‌ماه سال ۱۳۹۱ بررسی شد و پس از بررسی و تجزیه و تحلیل مقادیر، الگویی برای پیش‌بینی مصرف برق پیشنهاد شد. الگوی پیشنهادی ترکیبی از ضرایب مثلثاتی و ضرایب توانی را در برداشت که با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهترین ضرایب استخراج گردیدند.

روند مصرف دورهٔ پس از هدفمندسازی یارانه‌ها با الگوی پیش‌بینی‌شده پیش از هدفمندسازی مقایسه شد و نتایج نشان می‌دهد که اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها علاوه بر کاهش رشد مصرف موجب کاهش مصرف به میزان ناچیزی نیز گردیده‌است. از دیگر نتایج این مطالعه، ارائهٔ الگوهایی به منظور مدیریت میزان مصرفی آتی مصرف‌کنندگان برق

---

۱. عضو هیأت علمی دانشگاه علوم اقتصادی(نویسنده مسئول)؛ Email: Hassanrangriz@yahoo.com.

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشتهٔ MBA، دانشگاه علوم اقتصادی؛ Email: pashotany@yahoo.com

در شهر تهران بود. همچنین نتایج مبین آن است که چون تقاضا برای برق نسبت به قیمت و درآمد در کوتاه‌مدت بی‌کشش است، سیاست‌های قیمتی نمی‌تواند در مهار تقاضای برق مؤثر باشند، بنابراین می‌بایست از سیاست‌های غیرقیمتی و سیاست‌های تشویقی به منظور کاهش مصرف برق استفاده نمود.

واژگان کلیدی: الگوریتم ژنتیک، یارانه، هدفمندی یارانه‌ها، الگوی مصرف برق.

JEL :Q43, A15, A42.

۱. مقدمه

با توجه به قانون برنامهٔ چهارم توسعه در مورد قیمت فراورده‌های نفتی و در مسیر تحقق اهداف سند چشم‌انداز، افزایش قیمت حامل‌های انرژی و یا حذف یارانه‌های پرداختی به این حامل‌ها از ضروریات اجتناب‌ناپذیر اقتصاد ایران می‌باشد. یارانه‌ها به عنوان یکی از ابزارهای اقتصادی و مالی دولت، تأثیر مهمی در رشد اقتصادی ایفا می‌کنند و از آنجا که رشد اقتصادی هدفی مطلوب است، شناسایی عوامل ایجاد آن و شدت تأثیرگذاری هریک از آنها مورد توجه اقتصاددانان و سیاست‌گذاران قرار گرفته‌است. از این رو بررسی اثرات یارانهٔ پرداختی به حامل‌های انرژی بر روی رشد اقتصادی به‌ویژه در بخش‌های مختلف اقتصاد، از اهمیت زیادی برخوردار است (عباسیان، اسدبگی، ۱۳۹۰).

از آنجا که انرژی به عنوان یک عامل تولید مهم، می‌تواند نقش مؤثری در رشد و توسعهٔ اقتصادی ایفا کند، تحلیل نحوهٔ تأثیر تصمیمات و سیاست‌گذاری‌های مربوط به آن، بر بخش‌ها و عوامل اقتصادی مختلف بسیار مهم است. یکی از سیاست‌گذاری‌های انجام‌شده در این بخش، یارانهٔ پرداختی به حامل‌های انرژی است. هدف از پرداخت این یارانه، کمک به اقشار کم‌درآمد جامعه برای استفاده از حداقل امکانات رفاهی است. به همین دلیل دولت درصد بالایی از درآمد کشور را به یارانهٔ انرژی اختصاص داده که این امر منجر به کاهش قدرت سرمایه‌گذاری دولت در بخش‌های مختلف کشور شده‌است (فرید قادری و همکاران، ۱۳۸۴).

در میان حامل‌های انرژی، برق به دلیل داشتن مزایای زیاد و تقاضای روزافزون نسبت به سایر منابع انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گرایش روزافزون جوامع به استفاده از لوازم الکتریکی در جنبه‌های گوناگون زندگی فردی و اجتماعی موجب افزایش اهمیت آن گردیده‌است. تلاش‌های بسیاری در جوامع مختلف به منظور کاهش مصرف انرژی الکتریکی یا وابستگی به آن، صورت گرفته، ولی بر میزان تقاضا و مصرف، روزبه‌روز افزوده می‌شود (بختیاری و یزدانی، ۱۳۸۹).

تغییر روند مصرفی موجود، مستلزم تغییر الگوی مصرف و شناخت عوامل مؤثر بر

تقاضای مصرف‌کنندگان است. مدیران نهادهای اداره‌کنندهٔ سیستم تولید و انتقال برق با آگاهی از تقاضای برق قادر خواهند بود، در مسیر توسعهٔ مناسب شبکهٔ برقی و عرضهٔ آن برنامه‌ریزی کنند (میرزامحمدی و کریمی، ۱۳۸۹).

با توجه به نقش کلیدی برق در اقتصاد ملی و تأثیر آن به عنوان یک زیرساخت اساسی در توسعهٔ سایر بخش‌ها، شناخت فرایند مصرف انرژی الکتریکی در افق کوتاه‌مدت و بلندمدت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این به دلیل هزینه‌های بسیار زیاد تولید و انتقال انرژی الکتریکی و لزوم برنامه‌ریزی به منظور تأمین بودجه مورد نیاز، پیش‌بینی تقاضای بلندمدت مصرف برق اجتناب‌ناپذیر است. این بحث در کشورهای در حال توسعه به دلیل رشد سریع مصرف انرژی الکتریکی از اهمیتی دوچندان برخوردار است. علاوه بر تخمین بودجهٔ مورد نیاز، برنامه‌ریزی توسعه نیروگاه‌ها و محاسبهٔ ظرفیت‌های مورد نیاز و برنامه‌ریزی انرژی مورد نیاز در بخش‌های مختلف، نیازمند شناخت مدل مصرف و عوامل تأثیرگذار بر آن است.

از طرف دیگر الگوی مصرف ناصحیح برق، که نتیجهٔ نظام یارانه‌ای پرداخت بهای برق مصرفی در طی سالیان گذشته می‌باشد، یکی از دغدغه‌های سیاست‌گذاران بازار انرژی در ایران شده‌است. پس از اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها، انتظار می‌رود که الگوهای مصرف در کشور تغییر کند (میرزامحمدی و کریمی، ۱۳۸۹).

یکی از چالش‌های عمده در این حوزه، تحلیل و پیش‌بینی رفتار مصرف‌کنندگان است. مشاهدات و تحقیقات مختلفی صورت پذیرفته که بر اهمیت انرژی برق و هزینه‌های جایگزینی زیاد برای مصرف‌کنندگان تأکید دارد. شناخت دقیق‌تر از رفتار مصرف‌کنندگان خانگی کمک خواهد کرد که مدیران مرتبط بتوانند راهبردهای بهتری در این زمینه تدوین نمایند و سازمان‌ها و مدیران را در تصمیم‌گیری بهتر یاری می‌نمایند.

هدف اصلی این مقاله آن است که تأثیر هدفمندسازی یارانه‌ها را بر مصرف برق خانگی در شهر تهران بررسی نماید. در این خصوص از روش الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود که در ادامه به تشریح این روش و نتایج حاصل از آن می‌پردازیم.

۲. ادبیات تجربی تحقیق

۲-۱. مطالعات داخلی

حسینی‌نژادیان کوشکی (۱۳۷۲)، تقاضای برق خانگی را برای استان اصفهان (مرکزی و غربی) با هدف کاهش مصرف برق خانگی و کاهش هزینهٔ سرمایه‌گذاری، تخمین زده‌است. روش مورد استفاده در این مطالعه روش حداقل مربعات عادی و داده‌های تلفیقی از مقطع عرضی سری زمانی برای سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۷۰ می‌باشد. نتایج برای دو ناحیهٔ مرکزی و غربی که مجموعاً ۸۰ درصد از جمعیت استان اصفهان را تشکیل می‌دهند، نشان‌دهندهٔ کشش‌ناپذیری تقاضا نسبت به قیمت و درآمد کوتاه‌مدت می‌باشد. برای بلندمدت، تقاضا نسبت به درآمد کشش‌پذیر ولی نسبت به قیمت همچنان کشش‌ناپذیر است.

الکایی(۱۳۷۶)، به بررسی و مطالعهٔ مصرف بهینهٔ انرژی برق برای خانواده‌های شهری بین سال‌های ۱۳۶۳–۱۳۷۳ پرداخت. نتیجهٔ کلی نشان داد که کم‌کشش بودن مخارج برق مصرفی در بین خانوارهای شهری و قیمت برق می‌تواند مهم‌ترین ابزار سیاست‌گذاری در جهت مصرف بهینهٔ برق باشد.

صفاری پور اصفهانی (۱۳۷۸)، با استفاده از آمار و اطلاعات سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۷۷ به منظور پیش‌بینی تقاضای برق در برنامهٔ سوم توسعه، تقاضای برق در بخش خانگی و در بخش غیرخانگی را به صورت جداگانه برآورد نموده و در سه سناریو، ظرفیت عملی نیروگاهی مورد نیاز طی سال‌های آتی نسبت به سال انجام مطالعه را (تا پایان برنامهٔ سوم توسعه)، پیش‌بینی کرده‌است. بر اساس پیش‌بینی وی تا پایان برنامهٔ سوم توسعه، متوسط رشد سالانه مصرف برق کل کشور می‌بایستی تقریباً بین ۵,۴ تا ۶,۲ درصد باشد. بدین ترتیب (بر اساس سناریوهای ارائه‌شده) در سال پایانی برنامهٔ سوم توسعه (سال ۱۳۸۳) حدود ۳۰ تا ۳۲ هزار مگاوات ظرفیت عملی نیروگاهی مورد نیاز است. با توجه به وجود ۲۴ هزار مگاوات ظرفیت عملی نیروگاهی در سال ۱۳۷۸، برای پاسخگویی به مصرف برق، این

ظرفیت می‌باید حداقل ۲۶ درصد افزایش یابد.

ساداتی‌فر (۱۳۸۰) به تحلیل حساسیت مصرف‌کنندگان نسبت به متغیرهای قیمت و درآمد پرداخت. نتیجهٔ حاصل شده این بود که رابطهٔ قیمت و مصرف حامل‌های انرژی برای کوتاه‌مدت و میان‌مدت بسیار ناچیز است و همچنین انرژی یک کالای ضروری است.

عسگری (۱۳۸۰) تقاضای کل برق را با روش هم‌گرایی در طی دورهٔ ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ (برنامهٔ سوم توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی جمهوری اسلامی ایران) پیش‌بینی می‌کند. متغیرهای به کاررفته در مطالعهٔ وی عبارتنداز: مصرف برق، تولید ناخالص داخلی، متوسط قیمت نفت خام و قیمت برق. پیش‌بینی در چهار حالت متفاوت انجام می‌شود که شامل پیش‌بینی به‌وسیلهٔ روش هم‌گرایی، پیش‌بینی با توجه به رشد ۳ درصدی (حالت بدبینانه)، رشد ۴ درصدی (محتمل) و رشد ۶ درصدی (خوش‌بینانه) تولید ناخالص داخلی مطرح‌شده در برنامهٔ سوم می‌باشد. در این مطالعه برای بررسی رفتار کوتاه‌مدت و بلندمدت مصرف‌کننده از کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت، تجزیهٔ واریانس، توابع واکنش ضربه‌ای و معیار پایداری استفاده شده‌است.

امینی‌فرد (۱۳۸۱)، پس از تشخیص رابطهٔ تقاضای برق خانگی با متغیرهای قیمت متوسط برق، درآمد قابل تصرف، قیمت گاز مایع، تعداد مشترکان برق خانگی و شاخص‌های درجهٔ گرما و برودت هوا، این رابطه را با استفاده از اطلاعات سری زمانی برای دورهٔ مورد مطالعه (۱۳۴۶-۱۳۷۸) برآورد نموده‌است. بررسی برآورد از روش هم‌گرایی یوهانسن- ژوسیلیوس و مدل تصحیح خطا استفاده شده‌است. نتایج حاصل از برآورد بلندمدت نشان می‌دهد که سه رابطه تعادلی بین متغیرهای الگو وجود دارد که فقط یکی از این روابط دارای توجیه اقتصادی می‌باشد. با توجه به این رابطه در بلندمدت کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع تقاضا کوچک‌تر از واحد و کشش تعداد مشترکان نسبت به تقاضا بیشتر از واحد می‌باشد. نتایج برآورد مدل تصحیح خطا نیز نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت رشد متغیرهای قیمت برق، درآمد و قیمت گاز مایع به همراه شاخص‌های درجهٔ گرمی و برودت هوا تأثیری بر رشد تقاضا نداشته و تنها رشد تعداد مشترکان با دو دورهٔ

تأخیر و متغیر مجازی که اثر جنگ را نشان می‌دهد، بر رشد تقاضا اثرگذار بوده‌است. با توجه به تابع واکنش ضربه‌ای تعمیم‌یافته نیز این نتیجه حاصل گردیده که اثر شوک درآمدی بر تقاضا بیشتر از شوک قیمتی است.

عبدخانی (۱۳۸۵)، به بررسی صنعت برق استان ایلام پرداخت. نتایج حاصل عبارتند از: رابطهٔ مصرف با قیمت در دو بخش خانگی و عمومی منفی است، مصرف با درآمد رابطه ای مثبت و معناداری دارد، مصرف برق نسبت به قیمت آن در بخش عمومی دارای کشش و در سایر بخش‌ها کم‌کشش است، مصرف برق نسبت به درآمد آن در بخش عمومی و صنعتی دارای کشش و در سایر بخش‌ها کم‌کشش گزارش شده‌است.

بختیاری و یزدانی (۱۳۸۹)، با بررسی داده‌های سال‌های ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۷، به این نتیجه رسیدند که تقاضای برق در کوتاه‌مدت و بلندمدت در کشور ما بدون کشش بوده. کشش‌های قیمت و درآمد در بلندمدت بیش از کوتاه‌مدت می‌باشد.

میرزامحمدی و کریمی (۱۳۸۹)، مصرف برق خانگی را به عنوان متغیر وابسته به عواملی همچون قیمت برق، درآمد سرانه، مصرف دورهٔ قبل، تعداد روزهای گرم سال و تغییر ساختار اقتصادی در نظر گرفتند و در انتها با استفاده از رگرسیون خطی به این نتیجه رسیدند که کشش‌های به‌دست‌آمده ناچیز بوده و تأثیر قیمت بر الگوی مصرف ناچیز است.

چنگی آشتیانی و جلولی (۱۳۹۱) با استفاده از داده‌های سری‌های زمانی و روش‌های هم‌جمعی در اقتصادسنجی، به‌خصوص مدل‌های پویای خود توضیح با وقفه‌های توزیعی و ساز و کار تصحیح خطا، روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت مدل تقاضای انرژی الکتریکی کل کشور را برآورد کردند. بر اساس نتایج حاصله، بی‌کشش بودن تقاضای برق نسبت به قیمت، به‌دست آمد.

۲-۲. مطالعات خارجی

درجیادس[1] و سولفیدیس[2] (۲۰۰۸) به بررسی تقاضای برق بخش مسکونی در اقتصاد

1. Dergiades
2. Tsoulfidis

ایالات متحده به عنوان تابعی از درآمد سرانه، قیمت برق، قیمت نفت برای مقاصد حرارت، شرایط آب و هوایی و سهام مسکن اشغال‌شده در طول دورهٔ ۲۰۰۶-۱۹۶۵ پرداختند. یافته‌های تجربی بر رابطهٔ بلندمدت و پایدار دلالت می‌کند، و کشش کوتاه‌مدت و بلندمدت که اندازه و شکل آن قابل مقایسه با مطالعات مشابه دیگر است، را ارائه نمودند.

بیانکو[1]، مانکا[2] و ناردینی[3] (۲۰۰۹) تأثیر متغیرهای اقتصادی و دموگرافیک بر مصرف برق سالانه در ایتالیا را به قصد توسعهٔ مدل پیش‌بینی مصرف بلندمدت بررسی کردند. مدت زمان مورد نظر برای سوابق داده‌ها، از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۷ بوده‌است. مدل‌های توسعه داده‌شده، رگرسیون‌های مختلف با استفاده از سوابق مصرف برق، تولید ناخالص داخلی (GDP)، سرانه تولید ناخالص داخلی و جمعیت می‌باشد. بخش اول این مقاله به برآورد قیمت و تولید ناخالص داخلی در کشش سرانهٔ مصرف برق خانگی و غیرخانگی می‌پردازد. کشش کوتاه‌مدت خانگی و غیرخانگی هر دو در حدود ۰٫۰۶- برابر قیمت، و کشش بلندمدت برابر با ۰٫۲۴- و ۰٫۰۹- بوده‌است. در مقابل، کشش تولید ناخالص داخلی و تولید سرانه، مقادیر بالاتری را نشان دادند. در بخش دوم این مقاله، مدل‌های رگرسیون مختلف، براساس داده‌های یکپارچه و یا ثابت، ارائه شده‌است. آزمون‌های آماری مختلف برای بررسی اعتبار مدل پیشنهادی انجام شد. در مقایسه با پیش‌بینی‌های ملی، براساس مدل پیچیدهٔ اقتصادسنجی مانند مارکل - زمان، نشان می‌دهد که رگرسیون توسعه‌یافته متناسب با پیش‌بینی‌های رسمی، با انحرافات ۰٫۱±٪ برای بهترین حالت و ۰٫۱۱±٪ برای بدترین حالت انجام شده‌است.

دنگ[4] (۲۰۱۰) شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مدل و پیش‌بینی مصرف برق چین را ارائه داده‌است. پرسپترون چند لایه با الگوریتم آموزش پس از انتشار خطا برای توپولوژی شبکه‌های عصبی استفاده شده‌است. توابع انتقال تانژانت - سیگموئید و خطی – خالص هم به عنوان لایه‌های زیرین و بالایی انتخاب شده‌اند. تقاضای انرژی به عنوان تابعی از

1. Bianco
2. Manca
3. Nardini
4. Deng

شاخص‌های اقتصادی مانند جمعیت، تولید ناخالص ملی، صادرات و واردات مدل شده‌است. مقایسهٔ عملکرد میان شبکه‌های عصبی مصنوعی و چند مدل خطی بر اساس میانگین مربع خطای مطلق محاسبه شد. تقاضای انرژی چین تا سال ۲۰۵۰ با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ به همراه شاخص‌های دیگر اقتصادی پیش‌بینی شد. نتایج نشان می‌دهد که تقاضا برای انرژی در طول سال‌های ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۵ به اوج خود می‌رسد و به‌تدریج کاهش می‌یابد. این روند کاهش تقاضای انرژی به نظر می‌رسد بسیار منحصر به فرد است زیرا تمام متغیرهای مستقل در این دوره در حال افزایش هستند.

تمایز این مطالعه نسبت به سایر مطالعات پیشین در استفاده از الگوی الگوریتم ژنتیک در یافتن تأثیر هدفمندسازی یارانه‌ها بر مصرف برق و ارائه راهکارهای جایگزین و مناسب به منظور کاهش میزان مصرف انرژی در جامعه می‌باشد. همچنین در این مطالعه الگویی برای پیش‌بینی مصرف آتی برق مشترکان ارائه شده‌است، که این مطالعه را از سایر مطالعات پیشین متمایز می‌سازد.

۳. روش تحقیق

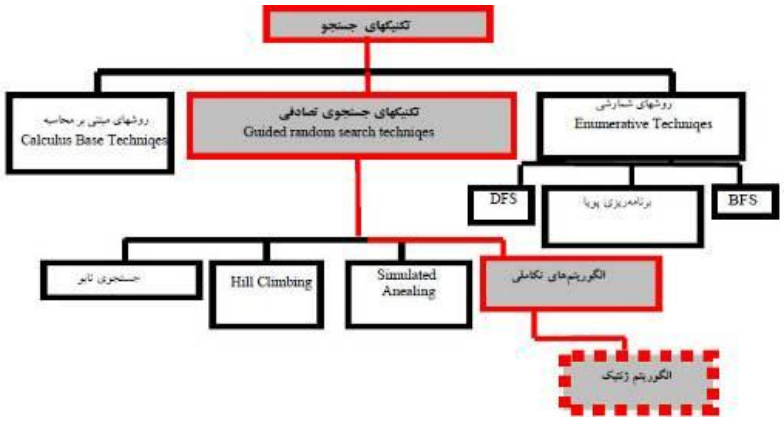
اگر تحقیق را سلسله تفکرات و عملیاتی بدانیم که برای کشف یا تفسیر یک حقیقت انجام می‌گیرد، برای انجام یک پژوهش باید از روش علمی استفاده کرد. این تحقیق، به لحاظ هدف، یک تحقیق کاربردی است که نتایج حاصل از آن می‌تواند مورد استفاده مدیران، سرمایه‌گذاران و به طور کلی استفاده‌کنندگان قرار گیرد. روش تحقیق در این پژوهش از نوع میدانی (اسنادی، تحلیلی و پیمایشی)، و مبتنی بر روش پژوهش استقرایی و تجربی می‌باشد. نوع داده‌ها در مطالعه، مقیاسی و از نظر نحوهٔ اجرا می‌تواند با استفاده از روش‌های علمی و میدانی باشد. از نرم‌افزارهای متلب و SPSS هم در تجزیه و تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیات استفاده شده‌است.

٤. استفاده از الگوی الگوریتم ژنتیک در خصوص تعیین مصرف برق

الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتم‌های تکاملی و هوش مصنوعی است که از روش‌های زیست‌شناسی مانند وراثت و جهش برای یافتن جواب استفاده می‌کند. الگوریتم

ژنتیک ابزاری است که با استفاده از آن ماشین می‌تواند سازوکار انتخاب طبیعی را شبیه‌سازی نماید. این عمل با جستجو در فضای مسئله برای یافتن جواب برتر و نه الزاماً بهینه صورت می‌پذیرد.

شکل ۱. روش‌های جستجو



منبع: اخباری، ۱۳۸۷

٤-١. ساختار الگوریتم‌های ژنتیکی

الگوریتم ژنتیک سه جزء اساسی دارد: کروموزوم، جمعیت، و تابع صحت و درستی.

٤-٢. کروموزوم[1]

در الگوریتم‌های ژنتیکی، هر کروموزوم نشان‌دهندهٔ نقطه‌ای در فضای جستجو و راه‌حلی ممکن برای مسئلهٔ موردنظر است. خود کروموزوم‌ها (راه‌حل‌ها) از تعداد ثابتی ژن (متغیر) تشکیل می‌شوند.

برای نمایش کروموزوم‌ها، معمولاً از کدگذاری‌های دودویی (رشته‌های بیتی) استفاده می‌شود. مقادیر موجود در هر کروموزوم به‌تنهایی معنی خاصی ندارد، بلکه باید ترجمه شوند تا به عنوان متغیر تصمیم‌گیری دارای معنی و نتیجه باشند (باوی و صالحی، ۱۳۸۹).

1. Chromosome

٤-۳. جمعیت[1]

مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها یک جمعیت را تشکیل می‌دهند. در حقیقت جمعیت مجموعه‌ای از جواب‌هاست که الگوریتم ژنتیک روی آن کار می‌کند (باوی و صالحی، ۱۳۸۹). با تأثیر عملگرهای ژنتیکی بر روی هر جمعیت، جمعیت جدیدی با همان تعداد کروموزوم تشکیل می‌شود.

٤-٤. تابع صحت و درستی[2]

تابع صحت و درستی (برازندگی) مقادیر تابع هدف برای هر کروموزوم را به مقیاسی برای تعیین سازگاری و کارایی نسبی افراد تبدیل می‌کند (باوی و صالحی، ۱۳۸۹). به منظور حل هر مسئله با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیکی، ابتدا باید یک تابع برازندگی برای آن مسئله ابداع شود. برای هر کروموزوم، این تابع عددی غیرمنفی را برمی‌گرداند که نشان‌دهندهٔ شایستگی یا توانایی فردی آن کروموزوم است.

٤-٥. عملگرهای الگوریتم ژنتیک

در الگوریتم‌های ژنتیکی، در طی مرحلهٔ تولید مثل از عملگرهای ژنتیکی استفاده می‌شود. با تأثیر این عملگرها بر روی یک جمعیت، نسل بعدی آن جمعیت تولید می‌شود. عملگرهای انتخاب، آمیزش و جهش معمولاً بیشترین کاربرد را در الگوریتم‌های ژنتیکی دارند.

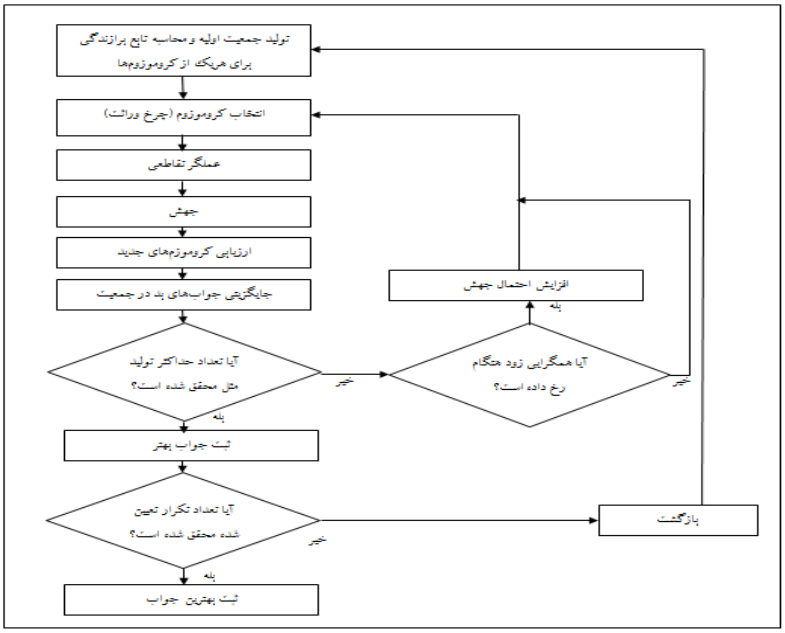
٤-٦. روند کلی الگوریتم‌های ژنتیکی

قبل از این که یک الگوریتم ژنتیکی بتواند اجرا شود، ابتدا باید کدگذاری (یا نمایش) مناسبی برای مسئله مورد نظر پیدا شود. معمولی‌ترین شیوهٔ نمایش کروموزوم‌ها در الگوریتم ژنتیک به شکل رشته‌های دودویی است. هر متغیر تصمیم‌گیری به صورت دودویی درآمده و سپس با کنار هم قرار گرفتن این متغیرها کروموزوم ایجاد می‌شود،

1. Population
2. Fitness Function

همچنین یک تابع برازندگی نیز باید ابداع شود تا به هر راه‌حل کدگذاری‌شده، ارزشی را نسبت دهد. در طی اجرا، والدین برای تولید مثل انتخاب می‌شوند و با استفاده از عملگرهای آمیزش و جهش با هم ترکیب می‌شوند تا فرزندان جدیدی تولید کنند. این فرایند چندین بار تکرار می‌شود تا نسل بعدی جمعیت تولید شود. سپس این جمعیت بررسی می‌شود و در صورتی که ضوابط همگرایی برآورده شوند، فرآیند فوق خاتمه می‌یابد.

شکل ۲. الگوی کاری الگوریتم ژنتیک (اخباری، ۱۳۸۷)



٤-۷. شرط پایان الگوریتم

به علت اینکه الگوریتم‌های ژنتیک بر پایهٔ تولید و تست می‌باشند، جواب مسئله مشخص نیست و نمی‌دانیم که کدامیک از جواب‌های تولیدشده جواب بهینه است، تا شرط خاتمه را پیدا شدن جواب در جمعیت تعریف کنیم. به همین دلیل، معیارهای دیگری را برای شرط خاتمه در نظر می‌گیریم که عبارتند از:

۱- تعداد مشخصی نسل، می‌توانیم شرط خاتمه را به طور مثال صد دور چرخش حلقهٔ

اصلی برنامه قرار دهیم.

۲- عدم بهبود در بهترین شایستگی جمعیت در طی چند نسل متوالی.

۳- بهترین شایستگی جمعیت تا یک زمان خاصی تغییری نکند.

گفتنی است که می‌توانیم ترکیبی از موارد فوق را به عنوان شرط خاتمه به کار ببندیم.

۵. تحلیل نتایج

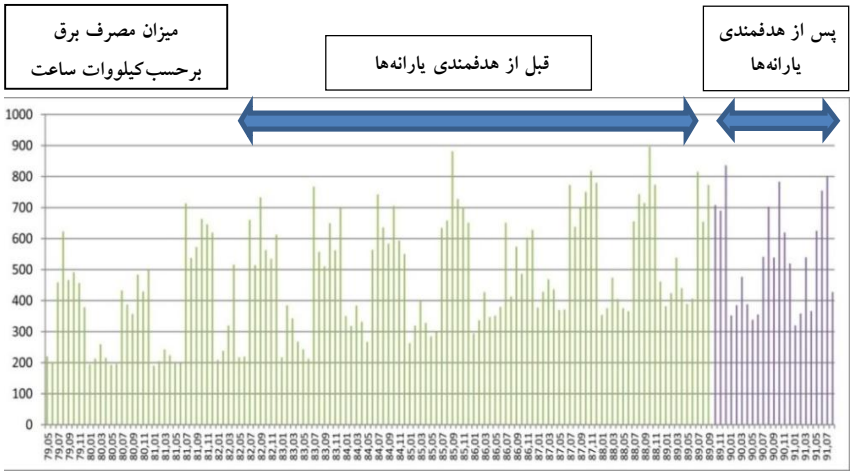
برای تعیین میزان تأثیرگذاری هدفمندی یارانه‌ها بر مصرف برق مشترکان خانگی شهر تهران، به مقایسهٔ الگوهای مصرف پرداخته شده‌است. بدین منظور الگوی مصرف قبل از هدفمندی با الگوی مصرف در دورهٔ پس از هدفمندی با هم مقایسه گردیدند. به همین دلیل از دو شبیه‌سازی رایانه‌ای برای دو گروه از داده‌ها استفاده گردیده‌است.

گروه اول داده‌ها، اطلاعات مربوط به مصرف برق مشترکان خانگی شهر تهران از مردادماه سال ۱۳۷۹ تا آذرماه سال ۱۳۸۹، و شروع هدفمندی یارانه‌هاست. گروه دوم به شبیه‌سازی الگوی مصرف از ابتدای آذرماه ۱۳۸۹ تا آبان‌ماه سال ۱۳۹۱ و پس از اجرای هدفمندی یارانه‌ها می‌پردازد.

یکی از موضوعات اصلی این است که اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها بر مصرف برق مشترکان خانگی در شهر تهران چه تأثیری داشته‌است. برای بررسی این موضوع، مدل مورد نظر حل و نتایج آن استخراج گردید.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی در نمودار زیر نشان می‌دهد که اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها موجب کاهش میزان مصرف یا حداقل کاهش رشد مصرف در مشترکان گردیده‌است، همچنین بر اساس تجربیات مشابه، تغییرات قیمت کالاها بر میزان تقاضا و میزان مصرف آنها تأثیر دارد.

شکل ۳. اطلاعات میزان مصرف از مردادماه سال ۱۳۷۹ تا آبان‌ماه سال ۱۳۹۱

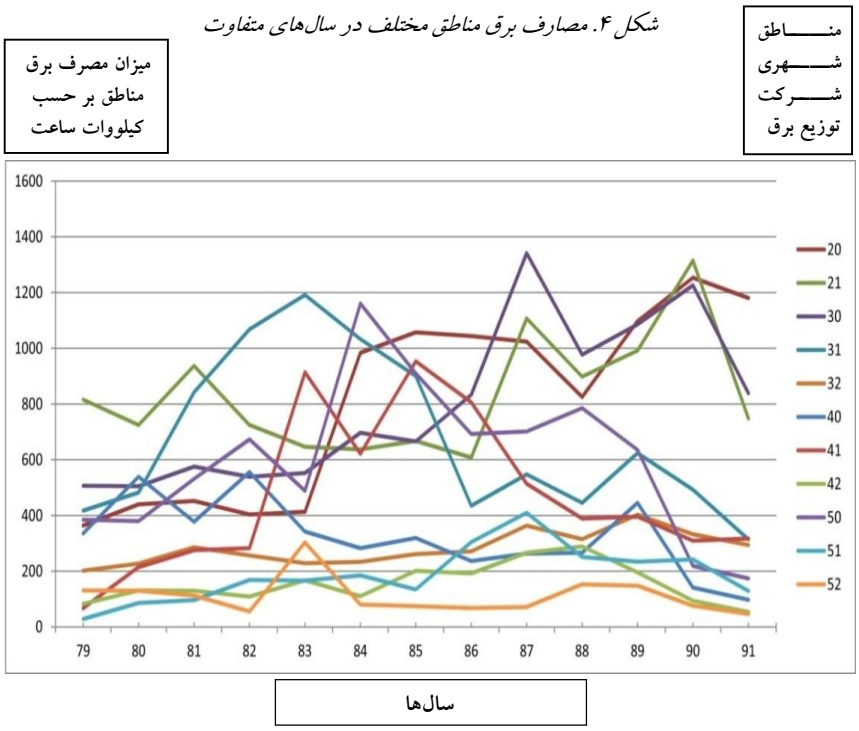


منبع: محاسبات تحقیق.

موضوع دیگری که در اینجا بررسی می‌شود نحوهٔ مصرف برق در بین تمام مشترکان است که آیا یکنواخت توزیع شده یا نه؟ بر اساس داده‌های شرکت توزیع برق منطقه‌ای تهران، بیشترین میزان مصرف یک مشترک در طول یک سال برابر با ۸۲۰۰ کیلووات یا ۸,۲ مگاوات است، که در میزان مصرف ۷,۶ میلیون مگاوات مصرف کل مناطق در یک سال، بسیار ناچیز و چیزی حدود یک میلیونم یا یک ده‌هزارم درصد مصرف را داشته‌است و بنابراین در کل دورهٔ تحقیق هیچ مصرف‌کننده‌ای نمی‌توانسته در نتیجهٔ کلی تحقیق تأثیرگذار باشد.

همچنین می‌توان به موضوع دیگری نیز پرداخت، بدین معنا که ممکن است رفتارهای متفاوت و مختلف مصرف‌کنندگان برق در مناطق مختلف یکدیگر را خنثی نماید. این موضوع در نمودار بعدی نشان داده شده‌است. با توجه به نمودار مصرف هریک از مناطق (شکل ۴)، می‌توان نتیجه گرفت که هدفمندسازی یارانه‌ها و تغییرات قیمت برق مصرفی، موجب کاهش میزان مصرف برق در اکثر مناطق در شهر تهران گشته‌است.

شکل ۴. مصارف برق مناطق مختلف در سال‌های متفاوت



منبع: محاسبات تحقیق.

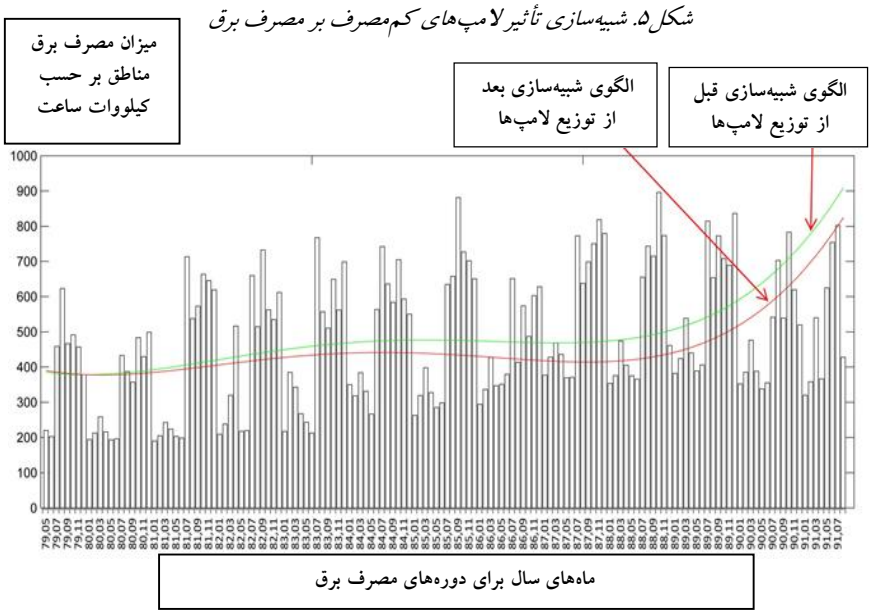
نکتهٔ مهم‌تر آن است که متغیر اصلی تأثیرگذار در مصرف در هنگام اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها، قیمت برق است که در کنار سایر عوامل می‌تواند تأثیر زیادی در میزان مصرف داشته باشد.

در کنار همهٔ عوامل فوق، یکی از عواملی که احتمالاً در این دوره از نظر کارشناسان و مدیران صنعت برق تأثیر مهمی در مصرف برق داشته، توزیع گستردهٔ لامپ کم‌مصرف بوده‌است. با استفاده از شبیه‌سازی، تأثیر توزیع لامپ کم‌مصرف ارزیابی شد و تأثیر آن در مقادیر دوره‌های بعد اعمال گردید. در شکل۵ نتایج شبیه‌سازی تأثیر توزیع لامپ‌های کم‌مصرف بر مصرف برق مشترکان مناطق مسکونی شهر تهران قابل مشاهده است، که با محاسبهٔ اختلاف دو مقدار شبیه‌سازی می‌توان تأثیر لامپ‌های کم‌مصرف را محاسبه کرد.

نتایج محاسبه به کاهش ۱۲ درصدی مصرف برق اشاره دارد. با اعمال این اثر به عنوان ضریب بر دوره‌های پس از شبیه‌سازی، می‌توان گفت که اثر آن در مقادیر مصرف از بین می‌رود.

پس می‌توان نتیجه گرفت که عامل اصلی در طی دورهٔ مورد بررسی بر مصرف برق مشترکان خانگی، هدفمندسازی یارانه‌ها و تغییرات قیمت برق بوده و تأثیر عوامل دیگر ناچیز بوده‌است.

شکل۵. شبیه‌سازی تأثیر لامپ‌های کم‌مصرف بر مصرف برق



منبع: محاسبات تحقیق.

از طرف دیگر، یکی از احتمالات این است که در زمان انجام تحقیق، تأثیر عوامل کوتاه‌مدت تا حدودی کاهش یافته و تنها تأثیرات بلندمدت بر مصرف قابل مشاهده است.

در داده‌های جمع‌آوری‌شده از مصرف‌کنندگان در دوره‌های پس از اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها و تغییرات قیمت برق، هیچ گونه تغییرات کوتاه‌مدت و یا تغییرات

حاصل از شوک قیمتی را نشان نمی‌دهد.

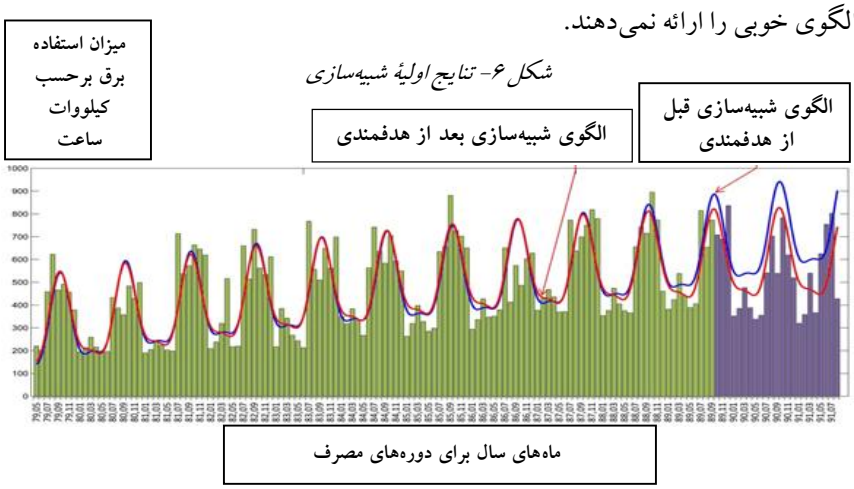
مدلی مرکب از ضرایب نمایی و مثلثاتی برای به‌دست آوردن بهترین و بهینه‌ترین مدل مورد استفاده قرار گرفته‌است. توابع این مدل به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\text{Model (time)} : \sum_1^n (a_n x_n) + f(sin, cos)$$

$$\sum_1^n (a_n x_n) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \ldots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

در شکل ۶ نتایج شبیه‌سازی را مشاهده می‌کنید. در این شکل نمودارهای ستونی بیانگر میزان واقعی مصرف و نمودارهای سینوسی، نتایج دو آزمون شبیه‌سازی برای دوره‌های مختلف زمانی را نشان می‌دهند. دلیل استفاده از ضرایب سینوسی برای مدل، نزدیک‌تر شدن به الگوی مصرف مشترکان در هر طول ماه‌های سال است. از تابع مثلثاتی با ضریب دورهٔ تناوب سالانه (۱۲ماهه)، برای نشان دادن فصل‌های پرباری و کم‌باری استفاده شده‌است. میزان خطای نمودارهای مربوط به قبل از هدفمندسازی به طور متوسط ۱۸,۲ درصد و در نمودار مربوط به دورهٔ بعد از هدفمندسازی حدود ۱۸ درصد بوده‌است، که از نظر استادان و کارشناسان میزان خطای مناسبی است. مطلب شایان ذکر در مورد مدل‌های مورد استفاده در شبیه سازی، موجه بودن شکل نمودار در محدودهٔ نزدیک است؛ یعنی با وجود خطایکم در مدل‌های پیچیده و با ضرایب زیاد، این مدل‌ها جواب‌های مناسب و الگوی خوبی را ارائه نمی‌دهند.

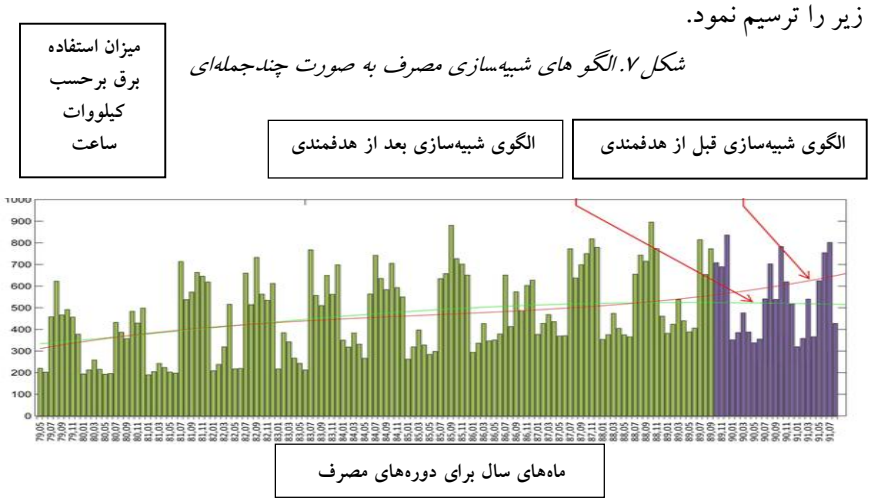
شکل ۶- نتایج اولیهٔ شبیه‌سازی



منبع: محاسبات تحقیق.

اما همان طور که دیده می‌شود، این نمودارها به‌رغم داشتن میزان خطای کم نمی‌توانند میزان تغییرات را به صورت درستی نشان دهند. از این نمودارها تنها می‌توان نتیجه گرفت که میزان رشد کاهش یافته، اما نمی‌توان در مورد میزان آن و یا نحوهٔ آن توضیحی به‌دست آورد. با حذف ضرایب سینوسی و تنها با استفاده از ضرایب چند جمله‌ای می‌توان شکل زیر را ترسیم نمود.

شکل ۷. الگو های شبیه‌سازی مصرف به صورت چندجمله‌ای



منبع: محاسبات تحقیق.

شکل ۷ نتایج حاصل از حذف ضرایب سینوسی را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود دو الگوی متفاوت برای مصرف در دوره‌های مختلف مشاهده می‌شود. ستون‌ها میزان مصرف هر ماه را نشان می‌دهند. ستون‌های سبزرنگ مصرف را در زمان قبل از اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها و ستون‌های بنفش‌رنگ میزان مصرف در دوره‌های پس از هدفمندی یارانه‌ها را نشان می‌دهند.

این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که دو الگوی مختلف برای مصرف وجود دارد و الگوی قبل از اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها با الگوی آن پس از اجرای آن متفاوت است. پس می‌توان نتیجه گرفت که هدفمندی بر الگوی مصرف تأثیر دارد.

نتیجهٔ نهایی این شبیه‌سازی، مشاهدهٔ کاهش رشد مصرف در الگوی پس از هدفمندی

یارانه‌هاست. نمودار مربوط به قبل از هدفمندی یارانه‌ها به‌سرعت در حال رشد است، ولی نمودار دیگر رو به افول است. این بدان معناست که هدفمندسازی یارانه‌ها موجب کاهش مصرف گردیده‌است.

٦. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

پس از بحران اقتصادی در کل دنیا، در حوزه‌های داخلی، بحث مربوط به بودجهٔ کشور و سهم برنامه‌های توسعهٔ تولید و توزیع انرژی بیش از پیش پررنگ گردیده‌است. برنامه ریزان بودجهٔ کشور و برنامه‌های عمران و توسعهٔ کشور نیازمند پیش‌بینی روشن و تجزیه و تحلیل مناسبی از روند تقاضا برای انرژی در داخل و خارج از کشور هستند.

در حوزهٔ تأمین انرژی برق در کشور، وزارت نیرو و شرکت‌های دخیل در حوزهٔ انرژی برق، بسیار راغب به دانستن الگوهای مصرف مشترکان و تغییرات مصرف آنان در سال‌های آتی و در برابر تغییرات هستند. کارشناسان معتقدند با کاهش سهم تقاضای نیروی برق در بخش خانگی و غیرمولد می‌توان این انرژی را در بخش‌های مولد و کارآفرین استفاده نمود.

براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان مشاهده نمود که تقاضا برای برق نسبت به قیمت و درآمد در کوتاه‌مدت کشش‌ناپذیر است، در نتیجه اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها و افزایش قیمت حامل‌های انرژی، تأثیر زیادی بر مصرف برق کشور نخواهد داشت. با استفاده از الگوهای شبیه‌سازی‌شدهٔ مذکور می‌توان میزان مصرف آتی انرژی برق را پیش‌بینی نمود.

با توجه به نتایج این مطالعه، سیاست‌های قیمتی نمی‌تواند در مهار تقاضا انرژی الکترونیکی مؤثر باشد، بنابراین می‌بایست در حین اینکه با سرمایه‌گذاری بیشتر و افزایش در تولید، زمینهٔ عرضهٔ بیشتر را فراهم آورد، با به‌کارگیری سیاست‌های غیرقیمتی(مانند استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف، آگاهی دادن به مردم در خصوص نحوهٔ استفادهٔ صحیح از این انرژی) باید تا حدودی روند افزایشی تقاضا را در بخش خانگی کاهش داد.

به منظور کاهش مصرف برق همچنین می‌توان از سیاست‌های تشویقی برای

مصرف‌کنندگان بخش خانگی در مسیر استفاده از سلول‌های خورشیدی و مواردی از این قبیل استفاده نمود. همچنین استفاده از سیاست‌های تشویقی برای تولیدکنندگان داخلی لوازم برقی با بازده بالا و سیاست‌های تنبیهی برای جلوگیری از تولید لوازم برقی با بازده پایین، راهکارهایی است که می‌تواند در مصرف بهینهٔ انرژی الکتریکی مؤثر باشد.

شایان ذکر است که نتایج حاصل از این مطالعه مکمل و هم‌مسیر با نتایج تحقیقات و مطالعات پیشین بوده و می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های کلان اقتصادی کشور استفاده شود.

منابع و مآخذ

- اخباری، محمد (۱۳۸۷)، کاربرد الگوریتم ژنتیک در ترکیب پیش‌بینی‌های تورم، مجموعهٔ پژوهش‌های اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.
- الکایی، مینا و خطیب قره‌باغیان (۱۳۷۶)، برآورد مصرف برق بخش خانگی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.
- امینی‌فرد، عباس و غلامعلی شرزه‌ای (۱۳۸۱)، برآورد تابع تقاضای برق خانگی در ایران: یک رهیافت هم‌تجمعی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه شیراز.
- باوی، امید و منوچهر صالحی (۱۳۸۹)، الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی سازه‌های مرکب، انتشارات عابد.
- بختیاری، صادق و مرتضی یزدانی (۱۳۸۹)، تخمین الگوی پویایی مصرف برق و لزوم اصلاح یارانه‌های انرژی، دومین کنفرانس سراسری اصلاح الگوی مصرف انرژی الکتریکی.
- چنگی آشتیانی، علی و مهدی جلولی (۱۳۹۱)، برآورد تابع تقاضای برق و پیش‌بینی آن برای افق چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران و نقش آن در توسعهٔ کشور با توجه به هدفمند شدن یارانه‌های انرژی، پژوهش‌های رشد و توسعهٔ اقتصادی، شماره ۷، صص ۱۶۹-۱۹۱.
- حسینی نژادیان کوشکی، رقیه؛ توکلی، اکبر و حسین پیراسته (۱۳۷۲)، تخمین تابع تقاضای برق خانگی در استان اصفهان، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- ساداتی‌فر، سید رضا و خطیب ابونوری (۱۳۸۰)، برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش خانگی در استان خراسان، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- صفاری پور اصفهانی، مسعود (۱۳۸۰)، چشم‌انداز تقاضای برق و ظرفیت عملی نیروگاهی مورد نیاز کشور در برنامهٔ سوم توسعه، سومین همایش ملی انرژی ایران، صص ۱۷۱-۱۸۰.
- عباسیان، عزت‌اله و زهرا اسدبیگی (۱۳۹۰)، ارتباط هدفمندسازی یارانه‌های انرژی با رفاه اجتماعی از مسیر رشد اقتصادی، فصلنامهٔ علمی-پژوهشی رفاه اجتماعی، سال ۱۲، شماره ۴۴، صص ۱۷۳-۱۴۳.
- عبدخانی، روح الله (۱۳۸۵)، بررسی تابع تقاضای مصرف برق در بخش‌های مختلف خانگی، تجاری، صنعتی، عمومی و کل استان ایلام، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

- عسگری، منصور (۱۳۸۰)، پیش‌بینی تقاضای برق با روش همگرایی در ایران ۱۳۷۹-۱۳۸۳، شانزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق.
- قادری، فرید؛ رزمی، جعفر و عسگر صادقی (۱۳۸۴)، بررسی تأثیر پرداخت یارانهٔ مستقیم انرژی بر شاخص‌های کلان اقتصادی با نگرش سیستمی، نشریهٔ دانشکده فنی، جلد ۳۹، شماره ۴، صص ۵۲۷-۵۳۷.
- میرزامحمدی، سعید و سعید کریمی (۱۳۸۹)، تخمین تابع تقاضای مصرف برق خانگی در ایران، دومین کنفرانس سراسری اصلاح الگوی مصرف انرژی الکتریکی.
- Bianco, V., Manca, O., & Nardini, S. (2009) "Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models", Energy, Volume 34(9), 413–1421.
- Deng, J. (2010) Modeling and Prediction of China's Electricity Consumption Using Artificial Neural Network, Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC 2010).
- Dergiades, T., & Tsoulfidis, L. (2008) "Estimating residential demand for electricity in the United States, 1965–2006", Energy Economics, Volume 30(5), 2722–2730.