

پیش‌بینی آثار سناریوهای مختلف هدفمندی یارانه‌ها بر تقاضای برق خانگی با استفاده از شبکه‌های عصبی

فرناز برزین پور*^۱ و سعید کریمی^۲

^۱ استادیار دانشکده مهندسی صنایع - دانشگاه علم و صنعت ایران

^۲ دانشجوی دکترای رشته مهندسی صنایع - دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

مصرف روزافزون انرژی برق در ایران، یکی از دغدغه‌های سیاست‌گذاران این حوزه است. وجود نظام یارانه‌ای در تعیین قیمت، یکی از دلایل اصلی ایجاد الگوی مصرف ناصحیح بوده که تکرر تعداد مشترکین، مصرف‌کنندگان و نوع مصرف، هزینه‌های زیادی را بر دولت‌ها تحمیل کرده تا منجر به تصویب قانون هدفمندی یارانه‌ها توسط سیاست‌گذاران این حوزه شده است. در این مقاله ضمن تحلیل عوامل مؤثر بر تقاضای برق خانگی، با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی، مدلی با هدف شناخت الگوی مصرف برق خانگی ایجاد و با تعریف پنج سناریوی مختلف قیمتی، میزان مصرف تا سال آخر اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها پیش‌بینی می‌شود. سرانه مصرف برق خانگی، به عنوان متغیر وابسته مدل در نظر گرفته شده است و عواملی چون قیمت برق، درآمد ملی سرانه، شاخصی به نمایندگی از تعداد روزهای گرم سال و ساختار اقتصادی کشور به عنوان عوامل مؤثر بر آن انتخاب شدند. با توجه به نتایج به دست آمده از مدل که قابلیت توضیح بسیار خوبی داشته $R=0.996$ عوامل قیمتی نقش بسیار کمی در تعیین الگوی مصرف دارند. بنابراین اجرای طرح‌هایی از سوی سیاست‌گذاران این عرصه، به منظور تغییر قابل توجه قیمت برای اصلاح الگوی مصرف ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: شبکه عصبی، سناریوسازی، پیش‌بینی مصرف برق، یارانه، مصرف خانگی برق

مقدمه

است. در کشور ایران دلیل واقعی نبودن قیمت برق و سهم قابل توجه یارانه‌های پرداختی توسط دولت، سرانه بالای تقاضای برق است که منجر به رشد پایین اقتصادی و معیوب شدن زیرساخت‌های اقتصادی شده و رقابت‌پذیری محصولات ایرانی را در بازارهای خارجی و حتی داخلی پایین آورده است [۴]

سیاست یارانه‌ای که در سال‌های گذشته در راستای "نیل به عدالت اجتماعی در تأمین نیازهای اقشار کم درآمد" یا "کمک به توسعه مناطق خاصی از کشور" شکل گرفته بود [۳] با رشد مصرف برق در عمل ناکارآمد شده و در حال حاضر بهترین راه برقراری تعادل عرضه و تقاضای برق، تعدیل تقاضا و تشویق بخش خصوصی به ورود به این بازار و رشد بهره‌وری است. قانون هدفمندی یارانه‌ها در همین راستا در سال ۱۳۸۹ تصویب و ابلاغ شد، اما با گذشت دو سال از اجرای آن، فاصله قیمت پرداختی از سوی مصرف‌کنندگان با قیمت تمام‌شده، نه تنها کاهش نیافته، بلکه به دلیل رشد پیش‌بینی نشده قیمت تمام شده، افزایش نیز یافته است؛ به طوری که مصرف برق در سال اول اجرای قانون فقط ۳٫۵ درصد کاهش یافت [۵] و

یکی از مسائل مهم دنیای امروزی، ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای حامل‌های انرژی است. امروزه انرژی الکتریسیته، به دلیل ارتباط با سایر بخش‌ها و نهادهای اقتصادی، نقش قابل توجهی در فرایند تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و پیشبرد اهداف توسعه کشورها ایفا می‌کند [۱] و به عنوان یکی از مهم‌ترین حامل‌های انرژی مصرفی در بخش خانگی و نیز به دلیل فرایند تولید سرمایه‌بر و پیچیده آن که اغلب از حامل‌های انرژی تجدیدناپذیر استفاده می‌شود، اهمیت بسیار زیادی دارد. محدودیت حامل‌های انرژی تجدیدناپذیر از یک سو و رشد تعداد مشترکین و جمعیت کشور (که ارتباط نزدیکی با تقاضای برق دارد) از سوی دیگر، این موضوع را حساس‌تر کرده است. به علاوه قیمت تمام شده تولید این محصول در کشور ما، به طور قابل توجهی بالا است و به طور میانگین بازده تولید در نیروگاه‌های حرارتی حدود ۳۷ درصد است [۱]. از طرفی به دلیل سرمایه اولیه مورد نیاز هنگفت و قیمت فروش ناعادلانه، بخش خصوصی تمایلی به ورود به این بازار را نداشته و افزایش تولید و عرضه برق، به دلیل محدودیت‌هایی که ذکر شد، با مشکلات زیادی همراه

از آنالیز واریانس مقایسه کردند.[۹] همچنین در مقاله دیگری، از این روش، برای پیش‌بینی مصرف ماهیانه برق استفاده کرده و با شاخص آنالیز واریانس سه روش شبکه‌های عصبی، شبکه‌های عصبی شبیه‌سازی شده و سری‌های زمانی را مقایسه کرده‌اند و روش سری‌های زمانی را راه حل بهتری از سایر روش‌ها برای پیش‌بینی یافته‌اند.[۱۰] همچنین در مقاله دیگری، از این روش برای پیش‌بینی مصرف صنایع پرمصرف انرژی از جمله صنایع فلزی و معدنی بهره جسته‌اند.[۱۱] آزاده و همکاران در مقاله‌ای، روش اقتصادسنجی را با نوع خاصی از شبکه عصبی چندلایه به کار برده و از روش طراحی آزمایشات برای مقایسه آنها استفاده کرده است.[۱۲] آنها از الگوریتم ژنتیک و آزمایش گرندر-نیوبولد برای مقایسه مدل‌ها استفاده کرده‌اند.

تحقیقات دیگری در ایران برای ارائه مدل تخمین تقاضای انرژی انجام شده است که از جمله آنها پژوهش آزاده و همکاران است که نتایج مدل شبکه‌های عصبی را با روش ARIMA مقایسه کرده و این مدل را دارای دقت بالاتری معرفی کرده است.[۱۳] همچنین این روش به منظور پیش‌بینی تقاضای روزانه برق در کشور ایران به کار رفته است. صادقی و ذوالفقاری، به مطالعه تطبیقی روش‌های غیرخطی شبکه‌های عصبی مصنوعی و تبدیل موجک- شبکه عصبی و فرایند خطی ARIMA در پیش‌بینی تقاضای روزانه برق در بازه زمانی، یک تا ده گام به جلو پرداخته و روش ARIMA را دارای دقت کمتری معرفی کرده است.[۱۴] ابراهیمی نیز با به کارگیری این روش، برای پیش‌بینی مصرف برق بخش کشاورزی با مقایسه نتایج روش‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و ARIMA نشان داده است که شبکه عصبی پرسپترون سه لایه، نتایج بهتری از روش ARIMA دارد[۱۵]. وی برای مقایسه روش‌ها، از سه شاخص میانگین مجذور خطا (MSE)، قدر مطلق خطا (MAE) و درصد میانگین مطلق خطا (MAPE) کمک گرفته است.

ژانگ و وانگ، با به کارگیری شبکه عصبی موجی- فازی برای پیش‌بینی مصرف برق شهرهای بزرگ، توانایی این روش را در آموزش شبکه با داده‌های کم در مقایسه با روش شبکه‌های عصبی معمولی نشان داده است[۱۶].

قانون هدفمندی یارانه‌ها در این بخش، به اهداف خود نرسیده است. به طور مشخص، بررسی آمارهای منتشر شده از سوی ارگان‌های رسمی، نشان‌دهنده مصرف فزاینده برق در سه دهه گذشته بخصوص در قسمت برق خانگی است و این بخش، سهم عمده‌ای در کل مصرف انرژی الکتریکی داشته است و میزان مصرف سایر بخش‌ها همبستگی زیادی با مصرف این بخش دارد.[۶] بنابراین شناخت الگوی رفتاری مصرف‌کنندگان برق خانگی برای پیش‌بینی تقاضا ضروری به نظر می‌رسد. به این منظور روش‌های زیادی به کار رفته است که بیشتر آنها از طریق مدل‌های اقتصادسنجی و سری‌های زمانی و تعدادی نیز به وسیله برخی الگوریتم‌های فرابتکاری بوده است. مؤثر بودن و یا حداقل همبستگی بین عوامل متعدد بر مصرف برق در جوامع مختلف مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است، اما در این مقاله مجموعه‌ای از عوامل مختلف که در مقالات مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند، گردآوری شده و پس از بررسی تأثیر آنها بر مصرف برق خانگی، با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی، مدل‌سازی شده است. سپس با ایجاد سناریوهای مختلف قیمتی که هر یک نماینده یک روش هدفمندی یارانه‌ها است، مصرف برق خانگی تا سال ۱۳۹۵ که سال پایانی اجرای این قانون است، پیش‌بینی شده است.

مرور ادبیات تحقیق

با توجه به اهمیت موضوع مصرف برق، پژوهشگران از روش‌های مختلفی برای این منظور استفاده کرده‌اند. به طور کلی در این مقالات، مصرف برق در بخش‌های مختلف صنعتی، خانگی، کشاورزی یا کل مصرف برق و در بازه‌های زمانی سالانه، ماهانه و یا روزانه مورد مطالعه قرار گرفته و در برخی موارد نتایج آنها با یکدیگر مقایسه شده‌اند. اسکویی، در یکی از اولین مقالات منتشر شده خود، به کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی سری‌های زمانی پرداخت.[۷] آزاده و همکاران در مقاله خود، ضمن به کارگیری الگوریتم‌های ژنتیک برای تخمین مقدار متغیرهای مؤثر بر مصرف برق ایران، از روش شبکه‌های عصبی و اقتصادسنجی برای پیش‌بینی مصرف استفاده کرده‌اند.[۸] همچنین آنها در مقاله دیگری، با به کارگیری دو روش شبکه‌های عصبی و اقتصادسنجی برای تخمین تابع تقاضای برق در ایران، دقت این دو روش را با استفاده

یکی از عوامل مؤثر بر تقاضای هر کالایی، درآمد مصرف‌کنندگان آن کالا است و این عامل در منابعی چون [۷-۱۴] استفاده شده است. در این مقاله، درآمد سرانه به قیمت جاری، به عنوان متغیر توضیح‌دهنده استفاده شده و به این منظور از داده‌های بانک مرکزی استفاده شده است [۲۱].

قیمت برق: همان طور که بدیهی به نظر می‌رسد، قیمت کالا در کنار درآمد مصرف‌کنندگان، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تقاضا هستند و وجود متغیرهایی از جنس قیمت برق و درآمد مصرف‌کنندگان در اکثر پژوهش‌های انجام‌شده مثل [۷-۱۶] در این زمینه گواه بر این موضوع است.

داده‌های قیمتی استفاده‌شده در مدل، به قیمت جاری بوده و منبع داده‌های مورد استفاده، ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹ است [۲].

تغییرات ساختاری اقتصاد: عواملی همچون انقلاب، جنگ، بحران اقتصادی، بلایای طبیعی و ... مواردی هستند که می‌تواند منجر به ایجاد تغییرات معنی‌داری بر رفتار مصرف‌کنندگان شود. کشور ما نیز پس از انقلاب با جنگ تحمیلی و پیامدها و خرابی‌های ناشی از آن مواجه شد که این موضوع سبب تخریب زیرساخت‌های صنعت برق، قطعی‌های متداول برق منازل و مسائل مشابه شد. به طوری که سال‌های ابتدایی پس از جنگ نیز به بازسازی خرابی‌ها و از بین بردن پیامدهای جنگ پرداخته می‌شد. همچنین پس از سال‌های اولیه اتمام جنگ، فرایند سازندگی و برق‌رسانی به روستاها و نقاط محروم کشور قوت گرفت و منجر به افزایش مشترکین و گسترش شبکه مصرف شد. با توجه به موارد ذکر شده، در این پژوهش، سال‌های جنگ و دوره اول دولت سازندگی به وسیله متغیر مجازی از سایر سال‌ها جدا شده‌اند. این متغیر در سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۲ صفر بوده و در سال‌های ۱۳۵۷-۱۳۵۸ و ۱۳۷۳-۱۳۹۰ یک است. [۵]

تعداد روزهای گرم سال: از آنجا که بخش قابل توجهی از مصرف برق خانوار، به دلیل استفاده از وسایل سرمازا است و تأثیر گرمای هوا بر استفاده بیشتر از انرژی الکتریکی، دور از ذهن نیست، پس وارد کردن متغیری که متناسب با دمای هوا باشد، می‌تواند به بهبود مدل کمک کند. در برخی از پژوهش‌های مشابه بخصوص مرجع [۱۲]

گم‌زکو و همکاران او، از شبکه عصبی و مدل خاصی از اقتصادسنجی (SVR) برای تخمین مصرف ماهانه مصرف برق ترکیه استفاده کرده‌اند. [۱۷]

کاوایانوغلو و همکاران، از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی مصرف برق ترکیه تا سال ۲۰۲۷ بهره برده است و از متغیرهای جمعیت، تولید ناخالص ملی و واردات و صادرات به عنوان متغیرهای پیش‌بینی مدل استفاده کرده‌اند. [۱۸]

منگ و نیو با تبیین این موضوع که الگوی مصرف برق در کشور چین در سال‌های گذشته، رشد فزاینده‌ای داشته و تغییر کرده است و با استفاده از داده‌های مربوط به سال‌های خیلی نزدیک، از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی مصرف برق استفاده کرده و نتایج خود را با خروجی مدل حداقل مربعات جزئی مقایسه کرده است. [۱۹]

همچنین علاوه بر مقالات یادشده، مقالات متعددی در سال‌های اخیر به بررسی موضوع هدفمندی یارانه‌ها پرداخته‌اند که از جمله آنها آشتیانی و جلولی هستند که با استفاده از روش‌های ARIMA به پیش‌بینی مصرف برق تا سال ۱۴۰۴ پرداخته و کشف قیمتی مصرف را ناچیز ارزیابی کرده‌اند. [۲۰]

در نهایت، ضمن بررسی پژوهش‌های انجام‌شده، مشخص شد که روش شبکه‌های عصبی به عنوان یکی از روش‌های مدل‌سازی در پیش‌بینی آثار هدفمندی یارانه‌ها، مورد استفاده قرار نگرفته و همچنین در هیچ یک از پژوهش‌های انجام‌شده، سناریوسازی انجام نشده است. بنابراین در این مقاله، در صدد پیش‌بینی مصرف برق خانگی از طریق تعریف سناریوهای مختلف قیمتی و تبیین آثار هر یک از سناریوها است. در تعریف سناریوهای مختلف سعی شده است تا سناریوهایی که در محافل علمی و اجرایی کشور مورد توجه بوده، مورد بررسی قرار گیرند.

داده‌های مدل

عوامل متعددی بر مصرف برق خانگی تأثیرگذار بوده که در ادامه، متغیرهای استفاده شده در مدل تشریح می‌شوند.

درآمد مصرف‌کنندگان: با تأیید همه پژوهش‌های مطالعه شده در این زمینه، همچنین ادبیات علم اقتصاد،

طبق فرمول زیر، از تابع انتقال استفاده کرده و مقدار خروجی را به نرون انتقال می‌دهیم:

$$f(\sum_1^n w_{ij}x_i) = \text{ورودی نرون} \quad (2)$$

که در آن n تعداد نرون‌های لایه قبل، x_i مقادیر خروجی لایه پیشین و f تابع انتقال است. این تابع انواع مختلفی دارد.

تعداد لایه‌های پنهان، تعداد نرون‌های هر یک از آنها، تابع تبدیل یا تابع فعال‌سازی، وزن‌های اولیه و وجود یا نبود بایاس، به عنوان پارامترهایی هستند که در ساخت شبکه عصبی دخیل هستند. برای اعتبارسنجی مدل، از توابع معرفی شده در [۲۲] از فرمول‌های زیر برای بررسی کیفیت مدل استفاده می‌شود که تخمینی از فاصله مقادیر واقعی از خروجی‌های مدل هستند:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_1^n (Y_{observed} - Y_{predicted})^2}{\sum_1^n (Y_{observed} - \bar{Y})^2} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_1^n (Y_{observed} - Y_{predicted})^2}{n}} \quad (4)$$

که در آن n و \bar{Y} ، $Y_{observed}$ و $Y_{predicted}$ به ترتیب تعداد مشاهدات، میانگین مقادیر پیش‌بینی شده، مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده را نشان می‌دهد.

برای هم‌مقیاس شدن داده‌ها، هر یک از داده‌ها را بر بیشترین مقدار مشاهده شده برای هر متغیر، تقسیم کرده و با داده‌های به دست آمده به کمک نرم‌افزارهای matlab و Neural power شبکه‌ای با این پارامترها تشکیل می‌دهیم:

جدول ۱: پارامترهای شبکه‌ی مصنوعی استفاده شده

| پارامتر | مقدار |
|---------------------------------------|---------------------|
| نوع شبکه | Normal Feed Forward |
| نوع آموزش شبکه | Levenberg-Marquardt |
| تعداد لایه پنهان | ۱ |
| نرون در لایه پنهان | ۱۰ |
| تابع انتقال | Sigmoid |
| سهم داده از آموزش-تست-اعتباربخشی شبکه | ۷۰%-۱۵%-۱۵% |

سناریوسازی

سناریوهای تعریف شده، تصمیمات مختلف روی میزان سهم مشترکین از پرداخت بهای برق مصرفی خواهد بود.

متغیری با نام CDD معرفی شده است. این متغیر، مجموع اختلاف دمای روزانه را از دمای معینی برای همه روزهای سال جمع می‌کند:

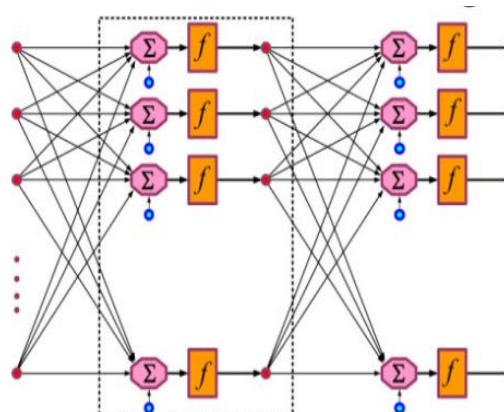
$$CDD = \sum_1^{365} (x_i - T) \quad (1)$$

که در آن T دمای مشخصی است و x_i دمای هر یک از روزهای سال است. این شاخص توسط سازمان هواشناسی کشور محاسبه و اعلام می‌شود. [۱۹] با توجه به وسعت کشور ایران و تعدد ایستگاه‌های هواشناسی در کشور و همچنین تاریخ متعدد زمان آغاز به کار این مراکز، متغیر CDD برای ایستگاه هواشناسی تهران و برای دمای $T=$ درجه مورد استفاده قرار گرفته است.

شبکه‌های عصبی

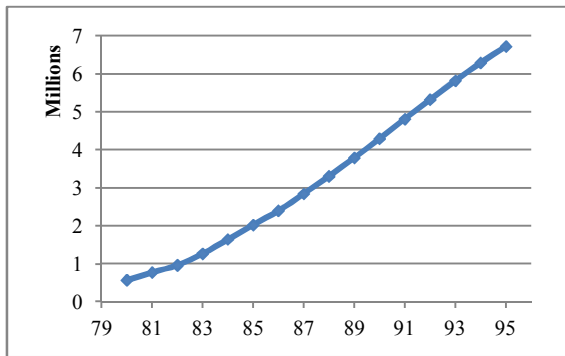
شبکه‌های عصبی که الهام گرفته از شبکه‌های عصبی طبیعی هستند، یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای مدل‌سازی و پیش‌بینی هستند و به طور کلی شبکه‌های عصبی از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل شده‌اند. (شکل ۱)

در این شکل، دایره‌های کوچک، ورودی‌های سیستم هستند که این ورودی‌ها در تابع وزن که در شکل با خط مشکی مشخص شده است، ضرب می‌شوند. بهبود وزن‌ها (Wij) نقش اصلی را در آموزش شبکه ایفا می‌کند.



شکل ۱: شبکه عصبی مصنوعی

مقادیر این تابع را در ماتریس وزنی جای‌گذاری کرده که دارای سطرهایی به تعداد نرون‌ها و ستون‌هایی به تعداد ورودی‌ها است. با اضافه کردن مقدار بایاس و جمع آنها

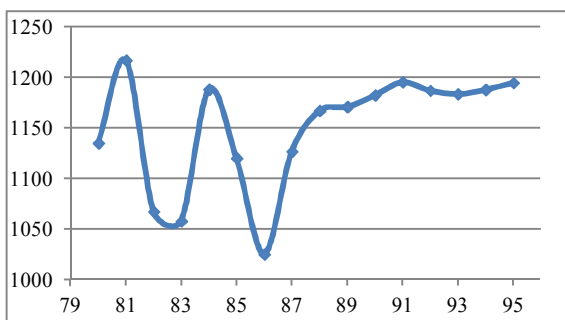


شکل ۳: پیش‌بینی درآمد ملی تا سال ۹۵

جدول ۲: نتایج حاصل از برازش خطی جمعیت و درآمد

| متغیر وابسته | جمعیت کشور | لگاریتم درآمد سالیانه به قیمت جاری |
|------------------------|-------------|------------------------------------|
| متغیر مستقل | سال | سال |
| نوع مدل برازش داده شده | رگرسیون خطی | رگرسیون خطی |
| مقدار Pvalue متغیرها | ۰.۰۰ | ۰.۰۰ |
| R-Squared | ۰.۹۸۷۷۷ | ۰.۹۸۸۶۹ |

شاخص روزهای گرم سال: از آنجا که پیش‌بینی وضع هوا برای سال‌های آینده به سادگی امکان‌پذیر نیست، پس برای پیش‌بینی این شاخص، از میانگین متحرک درجه ۴ استفاده شده و به صورت شکل زیر است:

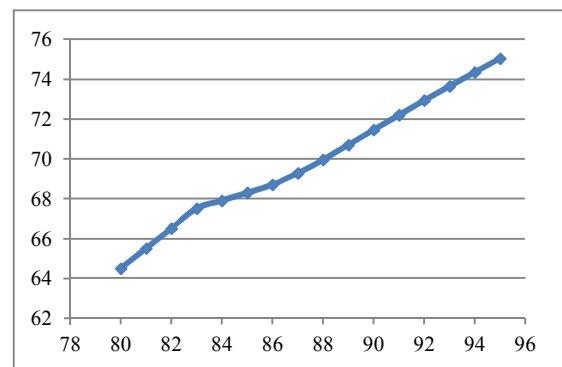


شکل ۴: پیش‌بینی شاخص روزهای گرم سال تا سال ۹۵

ساختار اقتصادی: متغیر تغییر ساختار اقتصادی که برای سال‌های بعد از ۱۳۷۲، یک در نظر گرفته شده است، برای دوره پیش‌بینی نیز همچنان یک در نظر گرفته می‌شود.

ضمن تعریف سناریوهای مختلف قیمتی، باید سایر پارامترهای مدل که به صورت متغیر مستقل در مدل نقش دارند نیز برای دوره پیش‌بینی مشخص شوند. این متغیرها عبارت‌اند از:

جمعیت: پیش‌بینی جمعیت در این تحقیق، برای محاسبه درآمد و مصرف سرانه استفاده می‌شود. برای پیش‌بینی آن، متغیر جمعیت را با استفاده از مدل سری‌های زمانی برازش داده و تا سال ۱۳۹۵ به صورت شکل زیر پیش‌بینی کردیم.



شکل ۲: پیش‌بینی جمعیت تا سال ۹۵ (با مقیاس میلیون نفر)

نتایج حاصل از این برازش، در جدول (۲) نشان داده شده است که گویای قابل اعتماد بودن این پیش‌بینی است.

درآمد ملی: درآمد ملی نیز با توجه به رشد نمایی خود در سال‌های گذشته به صورت فرمول زیر، برازش شده و پایان سال ۱۳۹۵ پیش‌بینی شد:

$$\ln GDP = a + b \cdot t \quad (۵)$$

که در آن GDP درآمد ملی به قیمت جاری و t ، سال است. نتایج حاصل از این برازش، در جدول (۲) نشان داده شده است که گویای قابل اعتماد بودن این پیش‌بینی است.

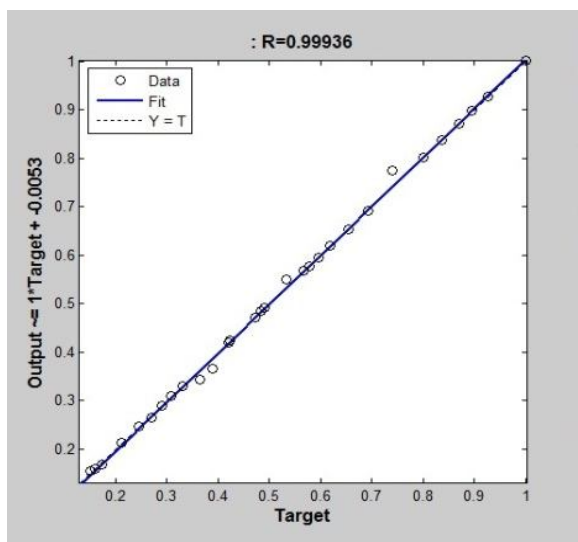
نتیجه و جمع بندی

نتایج به دست آمده از مدل سازی انجام شده که در جدول شماره ۳ آمده است، عملکرد بسیار خوبی را نشان می دهد و اعتماد به پیش بینی انجام شده ذیل سناریوهای پیش تر توضیح داده شده را ممکن می کند.

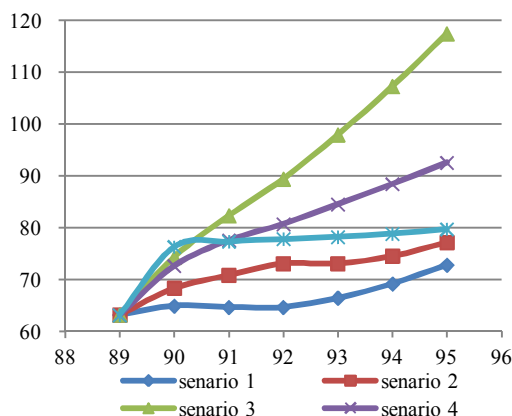
جدول ۳: مقادیر خروجی مدل سازی

| مقدار | مشخصه خروجی مدل |
|------------------|-----------------|
| ۸۴ | Iteration |
| کمتر از یک ثانیه | Time |
| ۰.۰۰۷۶۲۱ | |
| ۰.۹۹۶ | R = |

شکل ۶، مصرف برق خانگی پیش بینی شده را در مقابل مقادیر واقعی نمایش می دهد.



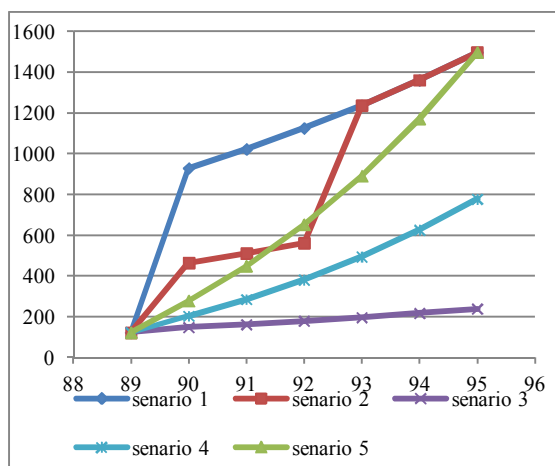
شکل ۶: نتایج حاصل از پیش بینی مدل و داده های واقعی



شکل ۷: پیش بینی مصرف برق ذیل سناریوهای مختلف (میلیون کیلو وات)

قیمت برق: بخش اصلی سناریوسازی به روش های مختلف، افزایش سهم مردم از بهای برق مصرفی شان است. قیمت برق مصرفی مردم در سال ۱۳۸۹، ۱۲۴,۶۷ ریال و سهم مردم از پرداخت بهای برق ۱۶٪ است. همچنین قیمت تمام شده برق که در این سال ۷۷۳ ریال است و در دوره پیش بینی سالانه ۱۰٪ اضافه می شود. این مقدار افزایش با توجه به نرخ تورم سالیانه و همچنین تلاش تولیدکنندگان برق برای افزایش بهره وری تولید، انتخاب شده است. با توجه به نکات ذکر شده، سناریوهای قیمتی بدین ترتیب خواهند بود:

سناریوی ۱، هدفمندی یکباره: سهم مردم در سال ۹۰ یکباره به ۱۰٪ افزایش یابد و سپس ثابت می ماند.
 سناریوی ۲، هدفمندی دو مرحله ای: سهم مصرف کنندگان در سال اول و سوم به ۵۰٪ و ۱۰۰٪ می رسد و در بقیه سال ها ثابت است.
 سناریوی ۳، سهم مردم با نرخ کمتری (۶٪) افزایش می یابد تا اینکه در سال ۱۳۹۵ در نهایت به ۵۲٪ رسیده و سپس ثابت می ماند.
 سناریوی ۴، هدفمندی نکردن: این سناریو به هدفمند نکردن اختصاص دارد و در آن سهم مردم تا پایان دوره پیش بینی همچنان ۱۶٪ باقی می ماند.
 سناریوی ۵، هدفمندی تدریجی: سهم مردم سالانه ۱۴٪ افزایش یابد تا در سال ۱۳۹۴ به ۱۰۰٪ برسد و سپس ثابت می ماند. در شکل های زیر قیمت برق با تعرفه خانگی در سناریوهای مختلف نشان داده شده است.



شکل ۵: قیمت برق مصرفی در سناریوهای مختلف (ریال)

دیدن صنایع خانگی شده و واکنش نامطلوبی از سوی مشترکین به همراه داشته باشد، سناریوی شماره ۲ به دلیل ایجاد شوک‌های اندک توصیه می‌شود. در این مقاله برای اولین بار از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی مصرف برق در بررسی آثار اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها ذیل سناریوهای مختلف قیمتی، استفاده شد.

نتایج حاصل از پیش‌بینی به دست آمده ذیل سناریوهای مختلف در شکل ۷، نمایش داده شده و ما را درباره سناریوهای مختلف به این نتیجه می‌رساند که با توجه به کشش ناچیز قیمتی مصرف، هدفمندی تدریجی (سناریو ۵) تأثیر اندکی بر رفتار مصرف‌کنندگان دارد و هدفمند نکردن یارانه‌ها (سناریو ۴ و ۳) منجر به افزایش شدید مصرف برق خواهد شد. با توجه به اینکه هدفمندی یکباره در سال اول (سناریو ۱)، می‌تواند منجر به صدمه

مراجع

- 1- Ahmadi, A.M., Zolfaghari, M and Ghaffari Nejad, A. (2009). "A Comparison of ARIMA and artificial neural network techniques in predicting domestic electricity needs of the country." *J. of Economy Economic Research Forums*, Vol. 41, PP. 107 – 122.
- 2- Energy Balance of Iran. (2011). website of the Ministry of Energy.
- 3- Tvanpvr , M. (2004). "Targeted solutions for home electricity subsidies." *J. of Management Business Studies*, Vol. 3 , PP. 22 – 30.
- 4- Mirzamohammadi.s and Karimi. S. (2011). "Residential Demand for Electricity in Iran.", *Proc., 12th int. symposium on econometric operation research and statistic*, Denizli, Turkey.
- 5- Changi Ashtiani.A and Djelloul. M. (2013). "Estimate the demand for electricity and anticipation of the Horizon 1404 vision and its role in development of targeted due to energy subsidies." *J. of Economic Growth and Development Research*, No. 7. Page 169.
- 6- Mirzamohammadi. S. and Karimi. S. (2011). "Forecasting the residential electricity consumption in Iran." *Proc., 12th int. symposium on econometric operation research and statistic*, Denizli, Turkey.
- 7- Oskoee Asghari, M. (2002). "The application of neural networks in time series prediction." *J. of Economic Research Forums*, Vol. 12, PP. 69 - 96 .
- 8- Azadeh. A. Saberi, .M. and Gitiforouz, A. (2009). "A hybrid simulation-adaptive network based fuzzy inference system for improvement of electricity consumption estimation." *J of Expert Systems with Applications*, Vol. 36, PP. 108–117.
- 9- Azadeh, A., Ghaderi, S., Tarverdi, S. and Saberi, M. (2007). "Integration of artificial neural networks and genetic algorithm to predict electrical energy consumption." *J. of Applied Mathematics and Computation*. Vol. 186, PP. 1731–1741.
- 10- Azadeh, A., Ghaderi, S. and Sohrabkhani, S. (2007). "Forecasting electrical consumption by integration of Neural Network, time series and ANOVA." *J. of Applied Mathematics and Computation*. Vol. 186, PP. 1753–1761.
- 11- Azadeh, A. and Faiza, Z. (2011). "A meta-heuristic framework for forecasting household electricity consumption." *J. of Applied Soft Computing*. Vol. 11, PP. 614–620.
- 12- Azadeh, S., Ghaderi, F. and Sohrabkhani, S. (2008). "Annual electricity consumption forecasting by neural network in high energy consuming industrial sectors." *J. of Energy Conversion and Management*. Vol. 49, PP. 2637– 2644.

- 13- Azadeh, S., Ghaderi, F. and Sohrabkhani, S. “ A simulated-based neural network algorithm for forecasting electrical energy consumption in Iran.” *J. of Energy Policy* 36.
 - 14- Sadeghi, H. and Zolfagari, M. (2010). “Electricity demand in the short term forecast using neural network and wavelet transform.” *J. of Quantitative Economics*. Vol. 7, PP.27-56.
 - 15- Ebrahimi, M. (2012). “Using artificial neural network approaches for time series forecasting electrical energy consumption in the agricultural sector.” *J. of Research in Agricultural Economics*, Vol. 4, No.1, PP. 27-42.
 - 16- Zhang, P. and Wang, H. (2012). “Fuzzy Wavelet Neural Networks for City Electric Energy Consumption Forecasting.” *J. of Procedia*, Vol. 17, PP. 1332 – 1338.
 - 17- Gamzeogcu, O., Demirelb, F. and Selim, Z. (2012). “Forecasting Electricity Consumption with Neural Networks and Support Vector Regression.” *J. of Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 58, PP. 1576 – 1585.
 - 18- Kavaklioglu, K., Ceylan, H. and Canyurt. O. “Modeling and prediction of Turkey’s electricity consumption using Artificial Neural Networks.” *J. of Energy Conversion and Management*, Vol. 50 , PP. 2719–2727.
 - 19- Meng, M. and Niu, D. (2011). “Annual electricity consumption analysis and forecasting of China based on few observations methods.” *J. of Energy Conversion and Management*, Vol. 52, PP. 953–957.
 - 20- <http://tsd.cbi.ir/>
 - 21- <http://irimo.ir/services/>
 - 22- Golzar, k. and Amjad-Iranagh, S. “QSPR Prediction of the solubility of CO₂ and N₂ in common polymers.” *J. of Measurement*. Vol. 263, No.13, PP. 370-379.
-