

پیشنهاد روشی نوین برای پیش‌بینی بار کوتاه مدت براساس یافتن روزهای مشابه

عبدالحسین وهابی^۱، سعیده برقی‌نیا^۲، ناصر وفادار^۳، همایون برهمندپور^۱

چکیده

مدیریت تولید و توزیع انرژی الکتریکی باید براساس تطبیق عرضه بر تقاضای انرژی برق، اقدام به برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری بهینه نماید. لذا در برنامه‌ریزی آینده یک سیستم قدرت، پیش‌بینی بار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و باید میزان خطای آن تا حد امکان کاهش یابد. دقت نتایج این پیش‌بینی بر هزینه تولید و همچنین میزان خاموشی در سیستم قدرت تاثیرگذار می‌باشد.

تاریخ دریافت مقاله:

۱۹ دی ماه ۸۶

تاریخ پذیرش مقاله:

۸ اسفند ۸۶

با راه‌اندازی بازار برق در شبکه ایران، شرکت‌های برق منطقه‌ای و در ادامه با توسعه بازار برق، شرکت‌های توزیع که به منزله خریدار محسوب می‌شوند می‌بایست نیاز مصرف ساعت به ساعت کل شبکه تحت پوشش خود را در روزهای آتی پیش‌بینی و ارائه نمایند. ضمن آنکه شرکت‌های مدیریت تولید و یا بهره‌برداری نیروگاه‌ها نیز ممکن است برای پیش‌بینی و پیشنهاد قیمت به پیش‌بینی بار نیاز داشته باشند. بدین ترتیب دقت پیش‌بینی ضمن بهبود بهره‌برداری از شبکه تحت پوشش از تخصیص جرایم مربوطه نیز جلوگیری می‌نماید.

با توجه به اهمیت روزافزون پیش‌بینی بار در بهره‌برداری سیستم‌های قدرت و بازار برق، روش‌هایی به‌منظور پیش‌بینی دقیق‌تر بار ارائه شده است و در این میان روش‌هایی که بر اساس دید کارشناسانه و از منظر افراد خبره ارائه می‌شوند، توانایی بالاتری از خود نشان می‌دهند. در این مقاله روشی برای پیش‌بینی بار کوتاه‌مدت بر اساس یافتن روزهای مشابه ارائه شده است که با نظر افراد خبره تطابق خوبی داشته و توانسته است در عین ساده‌تر بودن نسبت به سایر روش‌های هوشمند نظیر شبکه‌های عصبی، از دقت مناسبی برخوردار باشند. توانایی این روش برای بهبود دقت پیش‌بینی بار روزهای خاص (تعطیل ملی و مذهبی) نسبت به روش‌هایی نظیر سیستم خبره فازی قابل توجه است. نتایج پیش‌بینی برای داده‌های بار شبکه سراسری ایران در این مقاله آورده شده و با نتایج پیش‌بینی شبکه عصبی به‌همراه سیستم خبره فازی مقایسه شده است.

کلمات کلیدی

بازار برق، پیش‌بینی بار کوتاه مدت، روزهای مشابه، روزهای عادی، روزهای خاص

(۱) پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده برق
(۲) دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - قطب علمی کنترل و پردازش هوشمند
(۳) شرکت مدیریت شبکه برق ایران

مقدمه

انرژی الکتریکی در مقیاس وسیع قابل ذخیره نبوده و مدیریت تولید و توزیع انرژی الکتریکی باید براساس تطبیق عرضه بر تقاضای انرژی برق، اقدام به برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری بهینه نماید. لذا در برنامه‌ریزی آینده یک سیستم قدرت، پیش‌بینی بار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و باید میزان خطای آن تا حد امکان کاهش یابد. دقت نتایج این پیش‌بینی بر هزینه تولید و میزان خاموشی در سیستم قدرت تاثیرگذار می‌باشد [۱].

در مقالات متعددی روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی بار ارائه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به ARMA [۲]، ARIMA [۳]، شبکه عصبی [۴ و ۵]، سیستم‌های فازی-عصبی [۶] نظیر سیستم TSK با یادگیری لوبنگ - مارکوارت [۷] و LoLiMoT [۸] و غیره اشاره کرد.

اکثر روش‌های فوق دارای پیچیدگی‌هایی بوده و نیاز به تنظیمات پارامترهای زیادی نظیر تعداد نرون‌ها، تعداد قوانین مورد استفاده و غیره دارند. همچنین طبق اصل پارسیمونی می‌دانیم که از میان مدل‌های مشابه، مدل‌های کوچکتر و در واقع با پارامترهای کمتر ارجحیت دارند و می‌توانند قابلیت تعمیم بالایی را برای سیستم تضمین کنند. لذا باز هم دامنه تحقیقات به سمت روش‌هایی که علی‌رغم سادگی و داشتن پارامترهای کمتر بتوانند دقت بالایی داشته باشند، در جریان است.

در این مقاله روشی بر اساس یافتن روزهای مشابه ارائه شده است که سادگی و دقت بالا را همزمان در بردارد. این روش با توجه به نتایج تحلیل روزهای هفته با روش‌های دسته‌بندی^۱ و نیز نوعی نرمالیزاسیون داده‌های بار، برای پیش‌بینی بار به صورت پیش‌بینی بار ۲۴ ساعت بعد بکار می‌رود. نتایج روش ارائه شده در مقایسه با نتایج شبکه عصبی برای روزهای عادی و با نتایج سیستم خبره فازی برای روزهای خاص قابل توجه می‌باشد.

در ادامه مقاله در بخش (۲) به شرح روش ارائه شده برای پیش‌بینی بار روزهای عادی پرداخته می‌شود. در بخش (۳) نحوه پیش‌بینی بار روزهای خاص و در بخش (۴) نحوه پیش‌بینی بار روزهای بعد از روز خاص آمده است. بخش (۵) به ارائه نتایج این روش و مقایسه آن با نتایج شبکه عصبی و سیستم خبره فازی می‌پردازد. بخش (۶) به نتیجه‌گیری اختصاص دارد و مراجع در بخش (۷) پایان‌بخش این مقاله خواهد بود.

پیش‌بینی بار روزهای عادی براساس یافتن روزهای مشابه

مطابق بررسی‌های به عمل آمده روی داده‌های بار شبکه ایران مشخص شده است که رفتار منحنی بار برای روزهای مختلف هفته، متفاوت و در هفته‌های متوالی، مشابه یکدیگر می‌باشند. در برخورد با مساله پیش‌بینی بار، در نظر نگرفتن این دسته‌بندی، منجر به رفتاری آشوبناک^۲ در سری شده و دقت پیش‌بینی را کاهش می‌دهد. لذا دسته‌بندی داده‌های بار امری

1) Clustering

2) Chaotic

ضروری برای پیش‌بینی بار می‌باشد. در مرجع [۹] روش‌های دسته‌بندی گوناگونی نظیر K-means و SOM^۳ برای داده‌های بار شبکه سراسری ایران اعمال شده‌اند که نتایج مشابهی دربرداشته است. این دسته‌بندی‌ها، منجر به جدا شدن روزهای هفته به ۴ دسته، جمعه‌ها، شنبه‌ها، پنج‌شنبه‌ها و بقیه روزهای کاری هفته، شده است.

سطح منحنی بار با توجه به رشد جمعیت و رشد اقتصادی کشور و سایر عوامل به‌صورت سالانه افزایش می‌یابد. علاوه بر این افزایش سالانه، سطح منحنی بار در طول سال نیز به‌تدریج تغییر می‌کند. به‌عنوان مثال در تابستان به اوج خود می‌رسد و سپس به‌تدریج کمتر می‌شود. لذا برای بدست آوردن الگوهای مشابه در طول یکسال یا حتی یک ماه، استفاده از نرمالیزاسیون برای یکسان‌سازی سطوح در الگوهای مشابه امری ضروری به نظر می‌رسد. در اینجا روشی برای نرمالیزاسیون با استفاده از داده‌های روز قبل ارائه می‌شود. بدین‌صورت که این نرمالیزاسیون، به‌صورت متغیر با زمان و برای هر ساعت جداگانه در نظر گرفته می‌شود. در روش پیشنهادی، هر ساعت از منحنی بار به میانگین m ساعت قبلی آن ساعت تقسیم می‌شود. لذا هر ساعت به ضریب متفاوتی تقسیم شده و منحنی همواری بدست می‌دهد. شباهت بین منحنی‌های نرمالیزه بدست آمده در دسته‌های مشابه در این حالت بیشتر از حالت غیرنرمالیزه است.

اگر داده بار ساعت i با L_i نشان داده شود، داریم:

$$\hat{L}_i = \frac{L_i}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{i-j}} \quad (1)$$

که \hat{L}_i داده نرمالیزه شده با روش جدید است.

با توجه به مشخصات منحنی بار و دسته‌بندی لحاظ شده، به نظر می‌رسد که بتوان با استفاده از روش نرمالیزاسیون مذکور، پیش‌بینی قابل قبولی برای بار ارائه نمود. پس از اعمال نرمالیزاسیون پیشنهادی، به‌دلیل اینکه شباهت منحنی‌های بار موجود در دسته‌بندی انجام شده، بیشتر می‌شود، می‌توان منحنی نرمالیزه شده را از نزدیکترین روز در دسته مشابه جایگزین کرد و پس از بازگرداندن منحنی نرمالیزه به حالت اصلی با استفاده از روز قبل، پیش‌بینی نهایی برای روز مورد نظر را بدست آورد.

این روش علی‌رغم سادگی، دارای نتایج خوبی می‌باشد. برای اعمال این روش به‌صورت زیر عمل می‌شود:

۱- کل روزهای سال به ۶ دسته روزهای خاص، روزهای بعد روز از خاص، شنبه‌ها، روزهای کاری، پنج‌شنبه‌ها و جمعه‌ها تقسیم‌بندی می‌گردند.

۲- نوع روز مورد نظر برای پیش‌بینی تعیین می‌شود. برای روزهای عادی، نزدیکترین روز از دسته مشابه که روز قبل از آن روز، خاص نباشد، انتخاب شده و منحنی نرمالیزه آن بدست می‌آید.

$$\hat{L}(k) = \frac{L(k)}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L(i-j)} \quad (2)$$

k ساعات ۱ تا ۲۴ روز مشابه، $\hat{L}(k)$ داده‌های بار نرمالیزه شده برای روز مشابه و $L(k)$ داده‌های بار روز مشابه هستند.

در صورت تعطیل بودن روز قبل از نزدیکترین روز مشابه، روز مشابه دیگر انتخاب می‌گردد.
۳- مقادیر $L(k)$ برای روز مورد نظر جایگزین و به‌عنوان منحنی نرمالیزه روز مذکور در نظر گرفته می‌شوند.
۴- پیش‌بینی نهایی برای روز مورد نظر با بازگرداندن منحنی نرمالیزه به حالت اول با استفاده از مقادیر بار در روز گذشته بدست می‌آید:

$$L(k') = \hat{L}(k) \times \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m L(k'-i) \quad (3)$$

K' ساعات ۱ تا ۲۴ روز پیش‌بینی می‌باشد.

برای پیش‌بینی هفته اول بعد از ماه رمضان و نیز هفته اول بعد از ۱۳ فروردین بهتر است برای تشکیل داده بار نرمالیزه، از داده‌های مشابه سال قبل استفاده شود.

پیش‌بینی بار روزهای خاص براساس یافتن روزهای مشابه

روش‌ی که برای پیش‌بینی بار روزهای خاص براساس یافتن روز مشابه پیشنهاد می‌شود، به قرار زیر است:
۱- برای روز خاص مورد نظر در سال‌های قبل، هفت روز غیر خاص هفته در هر سال بدست می‌آیند.
یعنی اولین شنبه، اولین پنج‌شنبه و اولین جمعه قبل از روز خاص که خود روز خاص نیست و نیز ۴ روز کاری نزدیک روز خاص انتخاب می‌گردند.
برای هر هفت روز بدست آمده، میانگین بار برای هر ساعت بین این ۷ روز بدست می‌آید.
۲- برای روز خاص مورد نظر در سال مربوطه، هر ساعت به میانگین همان ساعت در ۷ روز مورد نظر تقسیم شده و منحنی نرمال برای آن روز خاص بدست می‌آید.
این کار برای تمام سال‌های مورد نظر برای یادگیری انجام می‌گیرد.
در نهایت منحنی ۲۴ ساعته‌ای برای کل این سال‌ها با میانگین‌گیری بدست می‌آید.
۳- از الگوی بدست آمده برای این روز خاص برای پیش‌بینی در سال مورد نظر استفاده شده و در سال مورد نظر برای پیش‌بینی، ۷ روز مورد نظر بدست می‌آید. میانگین هر ساعت در طی این ۷ روز محاسبه شده و با ضرب کردن الگوی بدست آمده پیش‌بینی مورد نظر انجام می‌گیرد.

۴- برای بهبود پیش‌بینی بار روزهای خاص یک پیش‌بینی دیگر نیز ارائه می‌شود که برای بهبود در پیش‌بینی قبلی با آن همراه می‌شود.

◀ اگر روز خاص مورد نظر در سال مورد نظر و سال قبل در نظر گرفته شوند و روز قبل از این روز خاص در هر دو سال از نظر تعطیل بودن یا نبودن یکسان باشند، منحنی نرمالیزه به همان طریقی که برای روزهای عادی محاسبه می‌شود، برای روز خاص در سال قبل بدست می‌آید و با روز قبل از روز خاص برای ۱ سال دی‌نرمالیزه شده و یک پیش‌بینی دیگر بدست می‌آید.

۵- در نهایت اگر روز قبل از روز خاص در سال مورد نظر و سال قبل از نظر تعطیلی یکسان باشند، میانگین دو پیش‌بینی انجام شده به عنوان پیش‌بینی نهایی ارائه می‌شود و اگر چنین نباشد پیش‌بینی اول به عنوان پیش‌بینی نهایی ارایه خواهد شد.

پیش‌بینی بار روزهای بعد از روز خاص براساس یافتن روزهای مشابه

طبق بررسی‌های صورت گرفته روی داده‌های بار شبکه برق ایران مشخص گردیده است که منحنی بار روزهای بعد از روزهای خاص تعطیل دارای رفتار متفاوتی به نسبت روزهای عادی می‌باشد. به عنوان نمونه در ساعات اولیه صبح، سطح منحنی بار این روزها پایین‌تر از روزهای با شرایط عادی می‌باشد. به همین منظور باید برای پیش‌بینی بهتر این روزها روندی دیگر در پیش گرفت.

روش پیشنهادی برای پیش‌بینی بار روزهای بعد از روز خاص به قرار زیر است. در این حالت سه پیش‌بینی ارائه می‌شود و بسته به شرایط از میانگین تعدادی از آنها برای پیش‌بینی استفاده می‌گردد:

۱- از داده‌های بار ۱۵ روز قبل، آنهایی که روز خاص هستند، با فرض اینکه اگر روز خاص نبودند، پیش‌بینی می‌شوند و پیش‌بینی مذکور جایگزین منحنی واقعی بار روز خاص می‌گردد و بدین ترتیب روز بعد از روز خاص پیش‌بینی می‌شود.

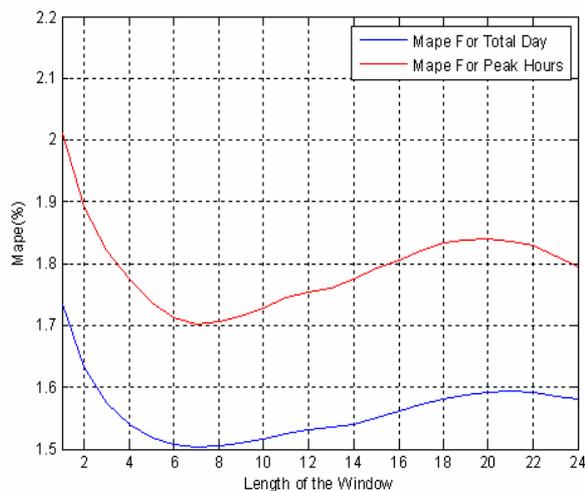
۲- بسته به نوع روز بعد از روز خاص از نظر نوع روز هفته (شنبه، پنج‌شنبه، جمعه و روزهای کاری)، اولین روز از نوع مشابه که قبل از روز مذکور قرار دارد، انتخاب شده و منحنی آن روز به عنوان پیش‌بینی دوم جایگزین می‌گردد.

۳- اگر روز بعد از روز خاص در سال مورد نظر و سال قبل، از نظر تعطیل بودن یا نبودن یکسان باشند، پیش‌بینی دیگری نیز بدست می‌آید. برای این پیش‌بینی مشابه با پیش‌بینی اولی که برای روزهای خاص ارائه شد، نزدیکترین روزهای عادی را که قبل از روز بعد از روز خاص در سال مورد نظر و سال قبل وجود دارند، به ترتیب شنبه، چهار روز کاری، پنج‌شنبه و جمعه بدست آورده و برای هر ساعت، میانگین طی هفت روز محاسبه می‌گردد. هر ساعت روز بعد از روز خاص به میانگین مربوط به همان ساعت تقسیم و منحنی نرمال مذکور بدست می‌آید. سپس برای سال مورد نظر به همان روش دی‌نرمالیزاسیون انجام می‌گیرد.

۴- در نهایت اگر در سال قبل و امسال، روز قبل از روز خاص از نظر تعطیلی در هر دو سال یکسان باشد، از هر سه پیش‌بینی انجام شده استفاده می‌گردد و اگر نبود از دو پیش‌بینی اولی میانگین گرفته، پیش‌بینی نهایی بدست می‌آید.

ارائه نتایج برای پیش‌بینی برای بار شبکه سراسری ایران

برای بررسی نحوه عملکرد روش پیشنهادی، روش فوق بر روی داده‌های بار شبکه سراسری ایران در سال ۱۳۸۴ اعمال گردیده و نتایج پیش‌بینی برای کل روزهای سال، آمده است. برای انتخاب طول پنجره برای داده‌های چندین سال بار شبکه سراسری، پیش‌بینی با روش پیشنهادی برای طول پنجره‌های مختلف صورت گرفت که برای روزهای عادی نمودار میانگین خطا برای کل پیش‌بینی‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): نمودار میزان خطا (درصد) بر حسب طول پنجره مورد نظر

میانگین خطا برای ساعات پیک و برای کل روز در شکل بالا آمده است.

تعریف ساعات کم‌باری، عادی و ساعات پیک طبق آیین‌نامه بازار برق است که در آن کل ماه‌های سال به دو دسته ماه‌های گرم و ماه‌های سرد تقسیم گردیده‌اند. ماه‌های نیم سال اول به‌عنوان ماه‌های گرم و ماه‌های نیم سال دوم به‌عنوان ماه‌های سرد نامیده می‌شوند. طبق این آیین‌نامه تقسیم‌بندی ساعات از نظر مقدار بار مصرفی به ساعات کم‌باری، ساعات عادی و ساعات پیک طبق جدول (۱) می‌باشد.



جدول (۱): تقسیم‌بندی ساعات از نظر مقدار بار مصرفی طبق آیین‌نامه بازار برق

	ساعات کم باری	ساعات عادی	
ماه‌های گرم	۱ تا ۸	۹ تا ۲۰	۲۱ تا ۲۴
ماه‌های سرد	۱ تا ۵ و ۲۱ تا ۲۴	۶ تا ۱۷	۱۸ تا ۲۱

در جدول (۲)، نتایج پیش‌بینی بار کل روزهای شبکه سراسری ایران در سال ۱۳۸۴ براساس یافتن روز مشابه و در جدول (۳) جهت مقایسه، نتایج باروش شبکه‌های عصبی از نوع پرسپترون سه لایه با آموزش لونبرگ مارکوارت و سیستم خبره فازی آمده است.

جدول (۲): خطای پیش‌بینی بار شبکه سراسری در سال ۱۳۸۴ براساس یافتن روزهای مشابه

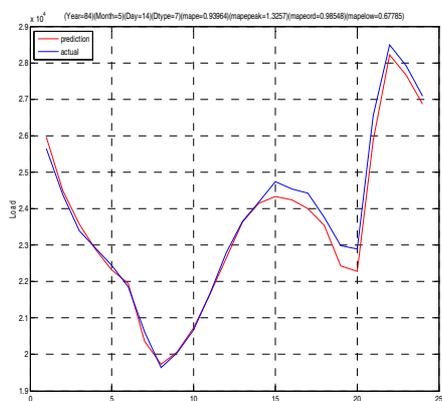
نوع روز	درصد میانگین خطای کل	درصد میانگین خطای ساعات کم باری	درصد میانگین خطای ساعات عادی	درصد میانگین خطای ساعات پیک
شنبه‌ها	۱/۶۸	۱/۴۸	۱/۷۷	۱/۸۲
روزهای کاری	۱/۳۰	۱/۰۷	۱/۳۷	۱/۵۱
پنج‌شنبه‌ها	۱/۶۸	۱/۳۷	۱/۷۸	۲/۰۵
جمعه‌ها	۱/۶۰	۱/۳۹	۱/۶۷	۱/۷۹
روزهای خاص	۲/۷۸	۲/۲۵	۳/۱۶	۲/۷۱
بعد روز خاص	۳/۲۳	۲/۱۸	۳/۷۵	۳/۷۷
میانگین کل سال	۱/۶۲	۱/۳۳	۱/۷۴	۱/۸۳

جدول (۳): خطای پیش‌بینی بار شبکه سراسری در سال ۱۳۸۴ با شبکه عصبی و سیستم خبره فازی

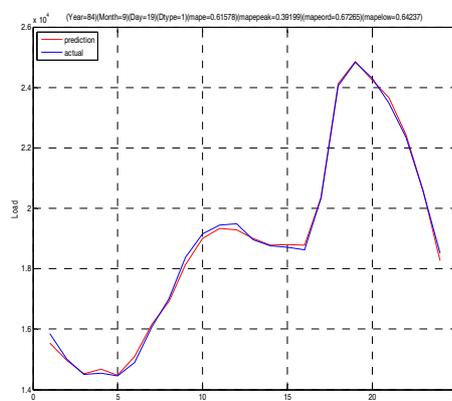
نوع روز	درصد میانگین خطای کل	درصد میانگین خطای ساعات کم باری	درصد میانگین خطای ساعات عادی	درصد میانگین خطای ساعات پیک
شنبه‌ها	۲/۹۲	۲/۳۸	۳/۵۸	۲/۰۱
روزهای کاری	۱/۶۷	۱/۵۶	۱/۸۵	۱/۳۶
پنج‌شنبه‌ها	۱/۸۳	۱/۴۵	۲/۰۴	۱/۹۷
جمعه‌ها	۲/۰۲	۱/۵۵	۲/۴۳	۱/۷۵
روزهای خاص	۳/۶۹	۳/۵۳	۳/۹۷	۳/۱۸
بعد روز خاص	۳/۳۳	۲/۱۴	۴/۳۱	۲/۷۹
میانگین کل سال	۲/۱۱	۱/۸۲	۲/۴۲	۱/۷۷



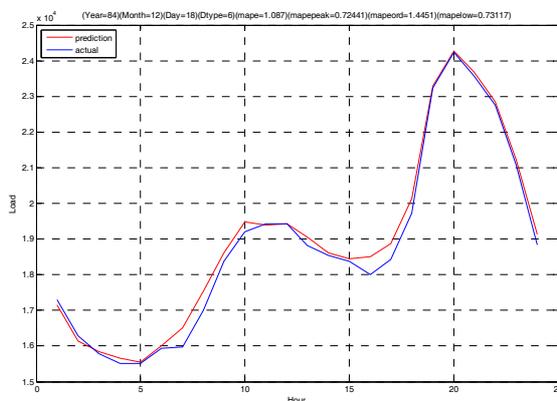
مقایسه نتایج جداول (۲) و (۳) نشان می‌دهد که نتایج پیش‌بینی بهبود قابل ملاحظه‌ای داشته و توانسته است خطای کل سال را از ۲/۱۱ به ۱/۶۲ برساند و در مقابل فقط خطای ساعات پیک به مقدار بسیار بسیار اندکی بدتر شده و از ۱/۷۷ به ۱/۸۳ رسیده است و در مقابل، ساده‌تر شدن روش پیش‌بینی بسیار حائز اهمیت است. نمونه‌هایی از پیش‌بینی‌های انجام شده برای بار شبکه سراسری ایران براساس یافتن روزهای مشابه در اشکال (۲) تا (۷) آمده است.



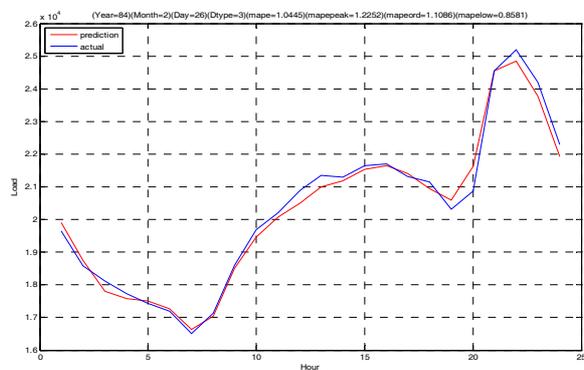
شکل (۳): نمودار پیش‌بینی و منحنی واقعی بار برای
جمعه ۱۴/۵/۸۴



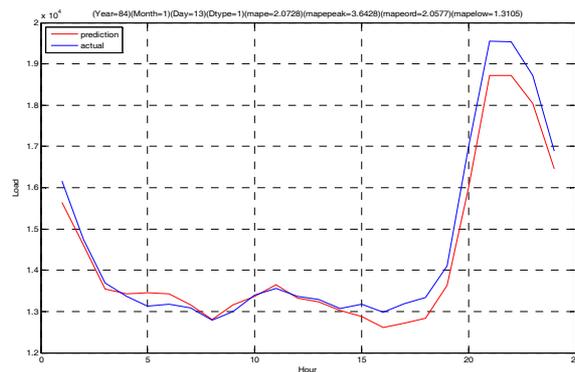
شکل (۲): نمودار پیش‌بینی و منحنی واقعی بار برای
شنبه ۸۴/۹/۱۹



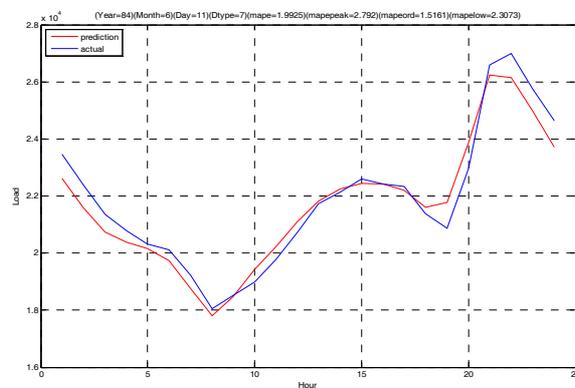
شکل (۴): نمودار پیش‌بینی و منحنی واقعی بار برای پنج شنبه ۱۸/۱۲/۸۴



شکل (۵): نمودار پیش‌بینی و منحنی واقعی بار برای دوشنبه ۸۴/۲/۲۶



شکل (۶): نمودار پیش‌بینی و منحنی واقعی بار برای روز خاص شمسی ۸۴/۱/۱۳



شکل (۷): نمودار پیش‌بینی و منحنی واقعی بار برای روز خاص قمری مبعث ۸۴/۶/۱۱



نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله روشی جدید برای پیش‌بینی بار کوتاه‌مدت ارائه شد. این روش سازگاری خوبی با روش‌های مورد استفاده توسط افراد خبره دارد و با نرمالیزه کردن منحنی بار در دسته‌بندی مناسب، پیش‌بینی خوبی بدست می‌دهد. این روش بر روی داده‌های بار شبکه سراسری ایران اعمال و نتایج آن با پیش‌بینی بار توسط شبکه عصبی و سیستم خبره فازی مقایسه گردید که در این مقایسه، بهبود قابل ملاحظه‌ای در دقت پیش‌بینی با این روش مشاهده شد.

روش ارائه شده علاوه بر اینکه به‌تنهایی دقت بالایی دارد، به‌دلیل سادگی آن، استفاده از آن برای جایگزینی پیش‌بینی اولیه در روش‌هایی که به پیش‌بینی اولیه نیاز داشته باشند و نیز در کنار سایر روش‌های پیش‌بینی، برای بهبود بیشتر دقت پیش‌بینی بسیار مناسب است.

منابع

- [۱] گروه پژوهشی مطالعات سیستم، "مروری بر الگوریتم‌های طراحی شده جهت تهیه نرم‌افزار پیش‌بینی بار کوتاه‌مدت شبکه سراسری ایران، گزارش پروژه "خرید نرم‌افزار پیش‌بینی بار شرکت مدیریت شبکه برق ایران"، پژوهشکده برق، پژوهشگاه نیرو، شهریور ماه ۱۳۸۵.
- [2] S.J. Huang, and K.R. Shih, "Short-Term Load Forecasting via ARMA Model Identification Including Non-Gaussian Process Considerations", IEEE Trans. Power Systems, vol. 18, pp. 673–679, May 2003.
- [3] Nima Amjady, "Short-Term Hourly Load Forecasting Using Time-Series Modeling with Peak Load Estimation Capability," IEEE Transactions on Power System, Vol. 16, No. 3, August 2001.
- [4] A.K. Sinha, "Short Term Load Forecasting Using Artificial Neural Networks", in Proc. of IEEE Int. Conf. on Industrial Technology, Goa, India, 2000, vol. 1, pp. 548–553.
- [5] I. Drezga, and S. Rahman, "Short Term Load Forecasting with Local ANN Predictors", IEEE Trans. Power Systems, vol. 14, pp. 844–850, August 1999.
- [6] A.G. Bakirtzis, J.B. Theocharis, S.J. Kiatzis, and K.J. Satsios, "Short Term Load Forecasting Using Fuzzy Neural Networks", IEEE Trans. Power Systems, vol. 10, pp. 1518–1524, 1995.
- [7] A.A. Gorji, M.B. Menhaj, S. Barghinia, and P. Ansarimehr, "Fuzzy TSK model for Short Term Load Forecasting of Iran National Power System", Int. Conf. on Power System Technology, China, October, 2006.
- [8] A. H. Vahabie, M. M. Rezaei Yousefi, B. N. Araabi, C. Lucas, S. Barghinia, and P. Ansarimehr, " Mutual Information Based Input Selection in Neuro-Fuzzy Modeling for Short Term Load Forecasting of Iran National Power System" 7th International Conference on Control and Automation (ICCA2007) china
- [۹] گروه پژوهشی مطالعات سیستم، "پیش‌بینی بار براساس یافتن روزهای مشابه"، گزارش مرحله ششم پروژه "توسعه و تکمیل نرم‌افزار پیش‌بینی بار کوتاه‌مدت پژوهشگاه نیرو"، پژوهشکده برق، پژوهشگاه نیرو، بهمن ماه ۱۳۸۵.