پیش بینی بارکوتاه مدت بااستفاده از شبکه های عصبی – فازی

خلیل بانان علی عباسی الهویردی رضائی آغ اوغلان

(مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق آذربایجان)

کلمات کلیدی

شبکه عصبی– سیستم فازی– پیش بینی بار کوتاه مدت

چکیده

میزان مصرف بار الکتریکی برای برنامه ریزی و بهره برداری بهینه از سیستم های قدرت نقش بسزایی را ایفا کرده و به عوامل متعددی از جمله متغیرهای جوی مانند باد، رطوبت، پوشش ابری و متغیرهای دیگری مانند تعطیلات، ماه های سال و روزهای هفته بستگی دارد. پیش بینی بار به دلیل اهمیت فوق العاده ای که در بهره برداری و گسترش سیستم دارد از مباحثی است که از بدو پیدایش صنعت برق به آن توجه خاصی شده است. روش های مختلف پیش بینی بر اساس برازش یک الگو به اندازه گیری ها و سپس پیش بینی از روی الگو می باشد در این مقاله پیش بینی بار برای روزهای عادی بوسیله شبکه های عصبی و برای روزهای خاص ابتدا توسط شبکه های عصبی ویا با استفاده از اطلاعات بار نزدیک ترین روز جمعه گذشته انجام شده و سپس پیش بینی نهایی بار بوسیله سیستم های فازی اصلاح شده است. در این پیش بینی میزان خطای متوسط برای شبکه عصبی در حدود ۴/۹ درصد و برای سیستم فازی حدود ۲/۸ در صد برآورد شده است.

۱– مقدمه

در اقتصاد الکتریسیته، شرکت های تولید کننده برق موظفند مصرف کننده های خود را با قابلیت اطمینان زیاد، با کیفیتی بالا و قیمت مناسب با توجه به محدودیت هایی از جمله حفظ محیط زیست، قرارداد با دیگر شرکا در سیستم های به هم پیوسته و با در نظر گرفتن قیودی نظیر توان و نوع نیروگاه های موجود، میزان ذخیره سوخت مورد نیاز نیروگاه های حرارتی ، میزان آب موجود در مخزن ها برای استفاده نیروگاه های آبی و ... تغذیه نماید[۲، ۱۰].

برای نیل به این اهداف باید از طرفی تجهیزات مورد نیاز نیروگاه ها و شبکه های انتقال و توزیع به نحو بهینه مورد استفاده و بهره برداری قرار گیرد و از طرف دیگر انرژی های اولیه موجود برای تولید برق به طرز بهینه مورد مصرف واقع شوند.

برنامه ریزی و بهره برداری بهینه در سیستم های قدرت از لحاظ زمانی در چند مرحله به شرح زیر انجام می پذیرد:

الف – برنامه ریزی دراز مدت (۵ – ۳۰ سال)

ب – برنامه ریزی میان مدت (تا یکسال)

پ – برنامه ریزی کوتاه مدت (تا یک هفته)

ت – برنامه ریزی لحظه ای (چند دقیقه تا چند ساعت)

اطلاعات لازم برای انجام برنامه ریزی بهینه در سیستم های قدرت، توسط پیش بینی میزان مصرف بار الکتریکی در زمان بندی های قید شده در فوق در دسترس قرار می گیرد.

مصرف بار الکتریکی به صورت پیچیده و غیر خطی تابعی از پارامترهای متعددی از جمله شرایط آب و هوایی می باشد.

پیش بینی بار کوتاه مدت در طراحی و بهره برداری سیستم های قدرت نقش اساسی ایفا می کند. بطوریکه یکی از نیازهای مهم برای برنامه ریزی هایی از قبیل ورود و خروج واحد نیروگاهی، تخصیص سوخت، توزیع اقتصادی بار، برنامه زمان بندی تعمیرات و نگهداری و ... می باشد.

بطور کلی روش های پیش بینی بار کوتاه مدت به دو دسته تقسیم می شوند:

الف- روش سنتی

ب- روش مدرن

از جمله روش های سنتی می توان به سری های زمانی و تحلیل های برازشی اشاره نمود.

ازجمله روش های مدرن می توان به روش های زیر اشاره کرد :

الف) فیلتر کالمن

ب) سیستم های خبره

پ) استنتاج فازی

ت) شبکه های عصبی

ث) شبکه های عصبی _ فازی

روش های جدید با ایجاد مدل های غیرخطی مابین متغیرهای ورودی و خروجی، مقادیرپیش بینی شده بار بهبود می یابند.

روش های سنتی عمدتا به هنگام تغییرات آب و هوایی سریع در زمینه پیش بینی های دقیق دچار اشتباه می شوند و بدین جهت روش های مدرن پیش بینی بار از مقبولیت و کارایی به مراتب بیشتری برخوردار می باشد [۱، ۲].

هر روز هفته منحنی بار خاص خود را دارد و منحنی های مصرف بار در روزهای تعطیل و غیر تعطیل و روزهای هفته متفاوت می باشد. در فصول مختلف سال نیز با توجه به عوامل مختص هر فصل، نظیر طول روز، منحنی مصرف تغییر می کند.

با توجه به شرایط آب و هوایی ایران، میزان مصرف روزانه در فصول مختلف سال متفاوت می باشد. در فصل بهار و پائیز که درجه حرارت محیط در اغلب نقاط کشور معتدل می باشد بار شبکه نسبت به فصول تابستان و زمستان به مراتب پایین تر می باشد.

لحظه حداکثر مصرف شبکه تابعی از زمان غروب آفتاب می باشد و با توجه به تغییرات افق، لحظه حداکثر بار شبکه از ساعت ۱۷:۴۰ در فصل زمستان تا ساعت ۲۱:۴۰ وقت رسمی کشور در فصل تابستان تغییر می کند [۲، ۳، ۸].

در این مقاله جهت پیش بینی بار از روش عصبی و برای روزهای خاص از شبکه های عصبی و فازی استفاده شده است.

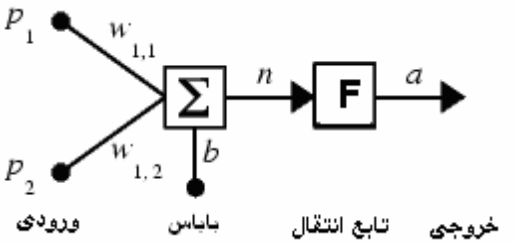
۲ - شبکه های عصبی

ساختار شبکه های عصبی برگرفته از مدل هایی است که بشر برای مغز انسان و سلول های عصبی آن متصور است. اگرچه دانش و اطلاعات بشر از مغز محدودتر می باشد اما می توان با توجه به مشاهدات و اطلاعات فیزیولوژی و آناتومیک مغز به چگونگی عملکردآن دست یافت [۷].

ویژگی اصلی یک شبکه عصبی توانایی آن در یادگیری روابط پیچیده میان بردار های ورودی و خروجی آن است. بطور کلی این شبکه ها قادربه مدل نمودن بسیاری از توابع غیر خطی می باشند. خاصیت فوق سبب می شود که شبکه های عصبی در حل مسائل عملی مانند شناسایی تطبیقی و کنترل سیستم های غیر خطی استفاده شود.

این شبکه ها از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه میانی یا پنهان و یک لایه خروجی تشکیل می گردند.

در هر یک از لایه ها تعدادی نرون جای گرفته است. به نرون های لایه ورودی تنها بردار ورودی اعمال می شود. اما به نرون های دیگر لایه ها، خروجی های نرون های لایه پیشین و یک ورودی که آستانه نرون را توصیف می کند اعمال می شود. شکل ۱ ساختار یک شبکه عصبی ساده را نشان می دهد.



شکل ۱ ساختار یک شبکه عصبی ساده

در شکل ۱ دیده می شود که هر نرون سیگنال های ورودی خود را دریافت می کند و سپس به آنها یک تابع غیر خطی به نام تابع فعالیت اعمال می کند. تعداد نرون ها در لایه های ورودی و خروجی بستگی به تعداد ورودی ها و خروجی های مساله مورد نظر دارد. در حالیکه انتخاب تعداد نرون های لایه پنهان یک مساله طراحی است. شبکه های عصبی مکانیزمی برای یادگیری دارند. این مکانیزم یادگیری وزن های مربوط به اتصالات مختلف شبکه عصبی را طوری تغییر می دهد که خروجی های مطلوب بدست می آید [۴، ۷].

به طور کلی دو نوع روش یادگیری برای شبکه های عصبی وجود دارد که یکی از آنها یادگیری با نظارت و دیگری یادگیری بدون نظارت می باشد. در روش یادگیری با نظارت، نمونه های ورودی و خروجی مطلوب در دسترس می باشد. در این روش با اعمال ورودی به شبکه و مقایسه خروجی شبکه با خروجی مطلوب، وزن های موجود در شبکه به گونه ای تغییرمی یابند تا اختلاف خروجی شبکه با خروجی مطلوب به حد قابل قبولی برسد در روش یادگیری بدون نظارت نیازی به بردار هدف برای خروجی نیست بنابراین هیچ مقایسه ای با پاسخ های ایده ال از پیش تعیین شده انجام نمی گیرد. جفت داده های یادگیری (آموزشی) فقط از بردارهای ورودی تشکیل یافته است و الگوریتم آموزشی وزن های شبکه را برای ایجاد بردارهای خروجی سازگار اصلاح می کند. این روش را خویش یادگیری هم می گویند و بیشتر الگوریتم های بدون نظارت عمل خوشه بندی را انجام می دهند [۷،۴،۲].

۳- پیش بینی بار به وسیله شبکه های عصبی

بارالکتریکی به پارامترهای مختلفی همچون مقادیر گذشته آن، متغیرهای آب و هوایی، روزهای هفته و فصول سال بستگی دارد. متغیرهای آب و هوایی می تواند میزان رطوبت، دما، گرد و غبار، باد و ... باشد. بنابراین برای در نظر گرفتن تمامی این عوامل و به منظور بالا بردن میزان دقت پیش بینی بار از شبکه های عصبی متعددی استفاده می شود (نظیر شبکه های عصبی کوهونن، هاپفیلد، پرسپترون و ...) که نحوه جداسازی این شبکه ها بر اساس متفاوت بودن منحنی های بار در روزهای مختلف هفته و فصول سال می باشد. روزهای هفته از نظر تغییر الگوی بار به چهار دسته زیر تقسیم بندی می شوند:

الف- شنبه (روز بعد تعطیل هفته)

ب- یکشنبه تا چهارشنبه

پ- پنجشنبه (روز قبل از تعطیل عادی)

ت- جمعه (تعطیل عادی)

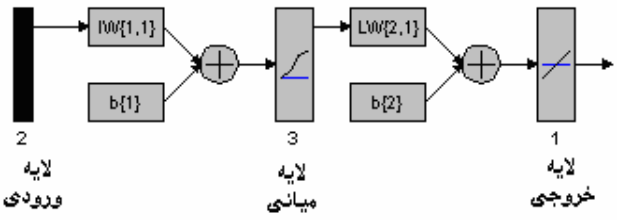
که برای هر یک از اینها یک شبکه عصبی جداگانه در نظر گرفته شده است. داده های ورودی این شبکه، زمان مربوط به بار و دمای محیط و خروجی آن بار شبکه می باشد [۱].

نکته مهمی که درباره الگوی بار ساعتی شبکه ایران باید به آن توجه کرد استفاده از دو روز شمار قمری و شمسی است. به علت اختلاف بین این دو بسیاری از ایام مذهبی مانند

با داشتن انواع الگوهای بار روزهای گذشته سیستم، ابتدا چند روز از روزهای گذشته را که همنوع با روزی در هفته که باید بار ساعت به ساعت آن پیش بینی شود را باید انتخاب کرد. بنا براین هر الگوی ورودی شامل بار ساعت به ساعت یک روز است و مقدار بار روزانه نسبت به متغیرهای آب و هوا مانند دما ، رطوبت ، سرعت باد و پوشش ابر حساسند که در این میان دما بیشترین تاثیر را دارد لذا از سایر متغیرهای آب و هوایی صرفنظر می شود. بنا بر این دمای روزانه به عنوان متغیر آب و هوا برای پیش بینی بار مورد استفاده قرار می گیرد.

با داشتن متغیرهای آب و هوا و اطلاعات مربوط به میزان بار در گذشته، می توان توسط شبکه پرسپترون، بار را به متغیرهای آب و هوا ارتباط داده و مقدار بار روزانه را پیش بینی کرد.

شبکه عصبی پرسپترون برای این منظور می تواند یک شبکه با سه لایه فرض شود که لایه اول، لایه ورودی با تعداد نرونی برابر با تعداد ورودی های شبکه (تعداد زمانهای مربوط به بار همراه با دماهای مربوط)، لایه دوم لایه مخفی با سه نرون ولایه سوم لایه خروجی با یک نرون می باشد. شکل ۲ این ساختار را نشان می دهد.



شکل ۲ شبکه عصبی انتخاب شده

هرچقدر تعداد نرون ها بیشتر باشد عملکرد شبکه دقیق تر خواهد بود. در این ساختار نوع شبکه عصبی چند لایه (MLP) از نوع Feed Forward (پیش خور) با الگوریتم پس انتشار خطا (Back Propagation)، تابع انتقال (محرک) لایه های میانی تابع لگاریتم سیمگوئید(غیرخطی) و تابع انتقال لایه خروجی خطی و تابع آموزشی گرادیان نزولی، نرخ یادگیری ۰/۰۸ و epochs برابر صد انتخاب شده است.

اگر در یک شبکه عصبی یادگیری به دقت انجام شود میزان خطای خروجی کمتر خواهد بود [۵]. همچنین با استفاده از نرم افزار Matlab با داشتن مقادیر بارها (ورودی و خروجی مطلوب) و انتخاب نوع شبکه عصبی مورد نیاز و نوع آموزش شبکه، تعداد نرون ها و تابع شبکه می توان شبکه را برای پیش بینی آموزش داده و وزن های مناسب و مطلوب شبکه را بدست آورد و از این شبکه برای پیش بینی استفاده کرد.

۴ – سیستم های فازی

سیستم های فازی سیستم هایی هستند با تعریف دقیق که اساساً سیستم های فازی پدیده های غیر قطعی و نامشخص را توصیف می کنند و کنترل فازی نیزنوع خاصی از کنترل غیر خطی می باشد.

پس از ارائه تئوری منطق فازی توسط پروفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ میلادی این روش کاربردهای فراوانی در رشته های مختلف مهندسی پیدا کرده و کاربرد های بسیاری را در آینده می توان برای آن متصور شد [۷].

با انگیزه شبیه سازی روش تفکر و استنتاج انسانی و انجام استدلال تقریبی توسط کامپیوتر برای رسیدن به نتایجی دقیق، شاخه جدیدی از ریاضیات به نام منطق فازی معرفی شده است به کمک این تئوری می توان به کمیتهای فیزیکی، مفاهیم غیرصریحی چون کم، زیاد، متوسط و.... را نسبت داده و در مورد مجموعه هایی با مرز نا مشخص بحث کرد [۷، ۹].

در سیستم های عملی، قواعد از دو منبع سرچشمه می گیرند:

۱- منابع افراد خبره که دانش و آگاهیشان را در مورد سیستم با زبان طبیعی تعریف کرده اند .

۲ – اندازه گیری ها و مدل های ریاضی که از قوائد فیزیکی مشتق شده اند.

سیستم های فازی، سیستم های مبتنی بر دانش یا قوائد می باشند. قلب یک سیستم فازی یک پایگاه دانش بوده که از قوائد اگر – آنگاه فازی تشکیل شده است.

بطور خلاصه، نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی بدست آوردن مجموعه ای از قوائد اگر– آنگاه فازی از دانش افراد خبره یا دانش حوزه مورد بررسی می باشد. مرحله بعدی ترکیب این قوائد در یک سیستم واحد است. سیستم های فازی مختلف از اصول و روش های متفاوتی برای ترکیب این قوائد استفاده می کنند.

در کتب و مقالات معمولا از سه نوع سیستم فازی صحبت می شود که عبارتند از :

۱- سیستم های فازی خالص

۲- سیستم های فازی تاکاگی- سوگنو و کانگ (TSK)

۳- سیستم های با فازی ساز و غیر فازی ساز

سیستم های فازی امروزه در طیف وسیعی از علوم و فنون از جمله کنترل، پردازش سیگنال، ارتباطات، برق، پزشکی و ... کاربرد دارد[۷] .

۵ – تصحیح پیش بینی اولیه به وسیله سیستم فازی

پیش بینی بارکوتاه مدت با استفاده از شبکه های عصبی به تنهایی نمی تواند کارآیی خوبی برای پیش بینی بار روزهای خاص داشته باشد چون الگوی بار چنین روزهایی با الگوی باررروزهای عادی از نظر سطح و شکل منحنی تفاوت دارد.

همچنین شبکه عصبی، بار روزهایی که الگوی دمایی متفاوتی نسبت به فصل متناظر دارند را به خوبی پیش بینی نمی کند لذا با استفاده از یک سیستم فازی می توان خروجی شبکه عصبی (پیش بینی اولیه) را با توجه به قواعد فازی مناسب، اصلاح کرده و به پیش بینی دقیق تری برای این روزها دست یافت. سیستم فازی زمانی که شرایط پیش بینی بار غیرعادی است فعال می شود و پیش بینی شبکه عصبی (پیش بینی اولیه) را با قواعد فازی پایگاه دانش اصلاح می نماید و پیش بینی نهایی بار را نشان می دهد[۱].

۵ – ۱ سیستم فازی برای تغییرات شدید دمایی

تغییرات شدید دمایی در هر فصل از سال باعث تغییر میانگین دمای روزانه می گردد و مقدار بار را تغییر می دهد ولی بار روزهایی که تغییرات دما ثابت است را نگه می دارد و به اصطلاح اینرسی بزرگی را در مقابل تغییرات از خود نشان می دهد. برای این کار باید تغییرات میانگین دما و پیک بار در قواعد فازی تعریف شوند. متغیرهای زبانی فازی می توانند مقادیر بزرگ منفی (NB)، متوسط منفی (NM)، کوچک منفی (NS)، صفر (ZO)، کوچک مثبت (PS)، متوسط مثبت (PM) و بزرگ مثبت (PB) را به خود اختصاص دهند. دامنه تعلق مجموعه های فازی بین صفر و یک است و شکل توابع عضویت ممکن است گوسی، ذوزنقه ای، زنگی و یا مثلثی باشد. پس از پیش بینی بار باید مقدار خروجی تابع

سیستم فازی به مقدار متعارف تبدیل شود (غیرفازی شود).
برای این کار از یکی از روشهای زیر استفاده می گردد:

الف – روش مرکز ثقل

ب – روش مرکز مجموع ها

پ – روش ارتفاع و ...

دراین مقاله از فازی کننده منفرد، غیرفازی ساز مرکز مجموع واز موتور استنتاج مینِیمم و ترکیب ماگزیمم استفاده شده است.(برای ترکیب چند قاعده که باهم فعال می شوند از ترکیب استفاده می شود.)

۲ – ۵ سیستم فازی برای روزهای خاص

در سیستم بار الکتریکی ایران، روزها به دو گروه روزهای معمولی (عادی) و روزهای خاص تقسیم بندی می شود. روزهای عادی روزهایی هستند که با مناسبت های ملی و مذهبی تلاقی ندارد و به چهار دسته شنبه، یکشنبه تا چهارشنبه، پنجشنبه و جمعه تقسیم می شوند و برای هر فصل که مصرف بار، رفتار جداگانه ای دارد منحنی بار جداگانه درنظر گرفته می شود که مدل پیش بینی برای روزهای عادی با احتساب فصول جمعاً ۱۶ مدل می شود که در اکثر مدلها با دخالت دادن دما از بکارگیری فصول صرف نظر می شود و چهار مدل برای روزهای عادی در نظر گرفته می شود.

روزهای خاص، روزهایی هستند که با مناسبت های ملی و مذهبی تلاقی دارد و شامل دو دسته روزهای خاص شمسی و روزهای خاص قمری است ممکن است عزا و یا جشن باشد. روزهای خاص شمسی در زمان های ثابتی از سال اتفاق می افتد ولی روزهای خاص قمری به علت کسر یازده روزه سال قمری در زمان های متغیری از سال اتفاق می افتد علاوه بر موارد فوق ممکن است حوادث ناخواسته، شرایط ویژه و برنامه های تلویزیونی خاص و... نیز بر میزان بار تاثیر گذارند و منحنی بار را از حالت عادی خارج کنند. منحنی بار روزهای خاص با منحنی بار روزهای عادی کاملاً متفاوت است ولی با این وجود به منحنی بار روز جمعه عادی نزدیک تر است. برای پیش بینی بار روزهای خاص دوراه می توان استفاده کرد:

الف– ابتدا بار مربوط را با استفاده از شبکه عصبی تخمین زده و بار روز مورد نظر را با قوانین فازی اصلاح و به دست آورد.

ب– بار واقعی نزدیک ترین جمعه گذشته به روز خاص را به عنوان پیش بینی اولیه در نظر گرفته و با قوانین سیستم فازی آن را اصلاح کرده و بار را پیش بینی کرد.

برای اکثر روزهای روزهای خاص، بار روز جمعه گذشته مشابهت بیشتری دارد و به همین دلیل می توان بار نزدیکترین جمعه را به عنوان پیش بینی اولیه بار روز خاص در نظر گرفت . روزهای خاص معدودی در سال قمری وجود دارند که باید بار اولیه را با شبکه عصبی بدست آورد و بعد با سیستم فازی اصلاح کرد.

سیستم فازی برای روزهای خاص، دارای دو ورودی(پیش بینی اولیه و نوع روز هفته) می باشد که با قوانین فازی موجود در پایگاه دانش در بازه های مختلف، درصدی از بار پیش بینی اولیه کم یا زیاد می شود که این مقدار، خروجی سیستم فازی می باشد و پیش بینی نهایی خواهد بود [۲،۴،۵،۱۰]. دراین مقاله از فازی کننده منفرد، غیرفازی ساز مرکز مجموع وازموتور استنتاج مینِیمم و ترکیب ماگزیمم استفاده شده است (مقادیر بر حسب مگاوات می باشد).

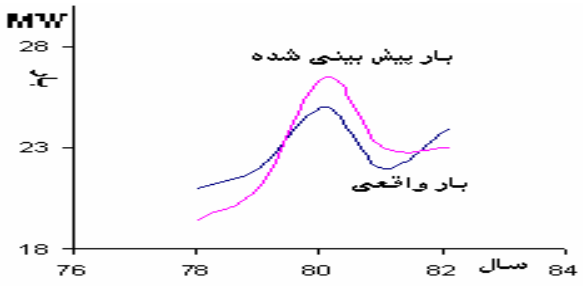
۶ – مطالعه موردی

روش عصبی – فازی در یکی از پست های شهر تبریز به نام پست گلستان برای پیش بینی بار به کار برده شد که در آن از آمار سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ برای آموزش وتست شبکه عصبی و سیستم فازی استفاده شده است. در این مقاله از بین روزهای هفته روز جمعه را به عنوان نمونه برای تست شبکه

میزان درصدخطا	بارپیش بینی شده	بار واقعی	دما	تاریخ
۶	۱۹/۵	۲۱	۳۰	۷۸/۰۶/۲۶
۴/۵	۲۱	۲۲	۱۵	۷۹/۰۱/۱۶
۶	۲۶/۵	۲۵	۵	۸۰/۱۰/۰۷
۴	۲۳	۲۲	۲۵	۸۱/۰۳/۱۷
۴	۲۳	۲۴	۵	۸۲/۱۱/۱۷

جدول ۱ نتایج پیش بینی بار توسط شبکه عصبی

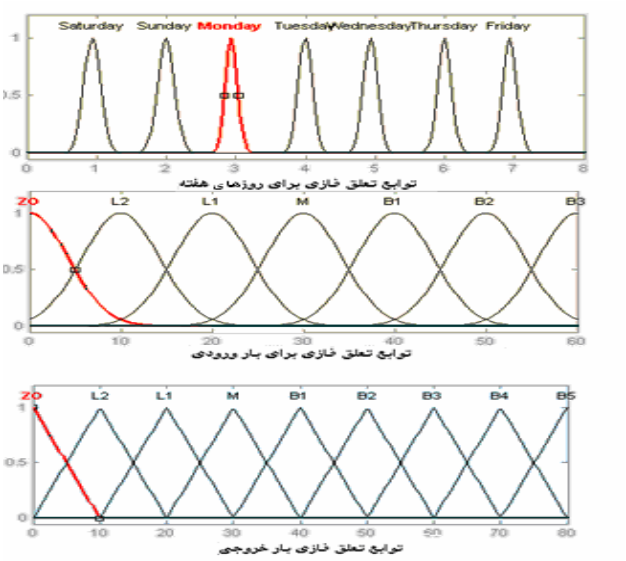
با توجه به نتایج میزان خطای متوسط شبکه عصبی مورد نظر برای پیش بینی بار برابر با ۴/۹ درصد می باشد. به طوری که از منحنی شکل ۳ مشاهده می گردد خطا در سال های ۷۸ و ۸۰ بیشتر بوده و رفته رفته تنزل پیدا کرده است و در سالهای ۸۱ و ۸۲ به کمترین مقدار خود رسیده است.



شکل ۳ منحنی بار واقعی و بار پیش بینی شده

روز خاصی که برای تست سیستم فازی انتخاب شده است روز عاشورا می باشد. توابع عضویت برای ورودی ها و خروجی و خود سیستم انتخاب شده مطابق شکل های ۴ و ۵ می باشد.

شکل ۴ سیستم فازی انتخاب شده برای روز عاشورا



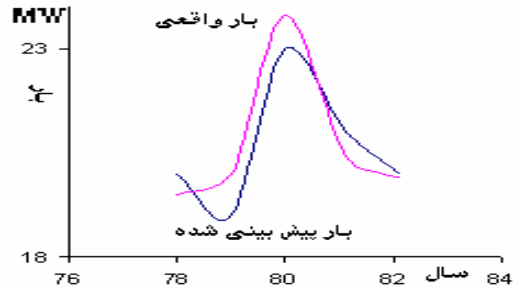
شکل ۵ توابع تعلق فازی ورودی ها و خروجی روز عاشورا

نتایج مربوط به سیستم فازی برای روز عاشورا در جدول ۲ نشان داده شده است.

میزان درصدخطا	بارپیش بینی شده	بارواقعی	روز عاشورا	تاریخ
۲/۵	۱۹/۵	۲۰	دوشنبه	۷۸/۰۲/۰۷
۵/۲	۲۰	۱۹	شنبه	۷۹/۰۱/۲۷
۳/۴	۲۳/۸	۲۳	پنجشنبه	۸۰/۰۱/۱۶
۲/۸	۲۰/۴	۲۱	جمعه	۸۱/۱۲/۲۳
۰/۵	۱۹/۹	۲۰	سه شنبه	۸۲/۱۲/۱۲

جدول ۲ نتایج سیستم فازی برای روز عاشورا

با توجه به منحنی شکل ۶ در می یابیم که میزان خطای سیستم فازی برای روز عاشورا در بین سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ کم می باشد. در حالیکه این میزان در سال۱۳۷۹ به بالاترین مقدار و در سال ۱۳۸۲ به پایین ترین مقدار رسیده است.



شکل ۶ منحنی بار واقعی و پیش ینی شده

با توجه به نتایج بدست آمده میزان خطای متوسط برای سیستم فازی در حدود ۲/۸ درصد شده است .

۷ – نتیجه گیری

امروزه به دلیل پیچیدگی و گستردگی روبه افزون شبکه های برق و به هم پیوستن این شبکه ها با یکدیگر حجم اطلاعات مورد نیاز برای برنامه ریزی و بهره برداری بهینه در سیستم های قدرت از مرزی که مدیران این سیستم ها به تنهایی بدون خطا و با سرعت عمل کافی تصمیمات ضروری را اتخاذ نمایند فرا رفته است. کاربرد سیستم های فازی برای اصلاح پیش بینی بار کوتاه مدت اولیه با استفاده از شرایط فرهنگی و جغرافیایی مناسب می باشد.

درصد خطای شبکه های عصبی – فازی نسبت به روش های سنتی (رگراسیون ، سری زمانی و...) در صورتی که آموزش شبکه مناسب باشد و از قوانین مناسب فازی استفاده شود کمتر است. در این سیستم باید اطلاعات مربوط به دما و بار دقیق تر باشند تا پیش بینی بهتر انجام گیرد و اگر اطلاعات مربوط به سرعت باد، میزان رطوبت، میزان بارندگی، ابری بودن آسمان، شرایط فرهنگی، اجتماعی، سیاسی و .... اعمال شود دقت پیش بینی بیشتر خواهد بود.

برای پیش بینی بهتر، پیش بینی روزهای عادی با شبکه های عصبی و روزهای خاص با شبکه های عصبی– فازی انجام گیرد.

برنامه های شبکه های عصبی و سیستم های فازی نسبت به سایر نرم افزارهای دیگر فضای کمتری را اشغال می کند.

بر خلاف سایر برنامه ها نیاز به محاسبات پیچیده ندارد.

منابع

۱– برقی نیا سعیده ، حبیبی حسن، رنجبر علیمحمد، انصاری مهر پویا، وفادار ناصر،" کاربرد سیستم خبره فازی در پیش بینی بار کوتاه مدت شبکه سراسری ایران"، نشریه علمی برق، شماره ۳۴ ، بهار ۱۳۸۱

۲– فرهادی مهدی، مقدس تفرشی مسعود، وفادار ناصر،" پیش بینی روزانه مصرف بار الکتریکی ایران توسط مدل جدید ازترکیب دو شبکه عصبی کوهونن"، نوزدهمین کنفرانس بین المللی برق

۳– مهدی زاده محمدباقر، شبکه های عصبی مصنوعی و کاربرد آن در مهندسی عمران، چاپ اول، انتشارات عبادی تبریز ۱۳۸۳

۴– نشریه صنعت برق، انتشارات توانیر ۱۳۸۰

۵ – زاهدی مرتضی، تئوری مجموعه های فازی و کاربرد آن، نشر کتب دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۸

۶– خیامی علیرضا، جاودان محمدرضا، " بررسی پارامترهای موثر بر فرهنگ مصرف انرژی الکتریکی در شبکه سراسری و تعیین الگوی مصرف روزانه با استفاده از شبکه عصبی " سومین همایش ملی انرژی ایران

7- B. Kosko , Neural Networks and Fuzzy systems , university of soythern California 1992 , prentice-hall international, Inc

8- G. Karady ," Implementation of Hybrid short term load forecasting system using Artificial Neural Network and Fuzzy Export System" ,ASU , Temp ,AZ-85281,2001

9- T. Terano, K. Asai,M. Sugeno, Fuzzy Systems theory and its Applications

10-Vanaja Iyer, Chun Che Fung and Tamas Gedeon, "A Fuzzy-Neural Approach to Electricity Load and Spotprice Forecasting in a Deregulated Electricity Market", AUSTRALIA