

پیش بینی قیمت خرید انرژی در ساعات پیک بازار برق ایران به منظور بهبود عملکرد بهره برداری از سدهای رقابتی

حامد مازندرانی زاده¹، مریم پرهیزکاری²

1- عضو هیئت علمی گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

2- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه هیدرولیکی، علوم و مهندسی آب،

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

maryam.parhizkari71@gmail.com

خلاصه

با توجه به تحولات سال‌های اخیر در صنعت برق و تغییر ساختار بازار برق از حالت انحصاری به رقابتی، مسئله پیشنهاد دهی قیمت توسط تولیدکنندگان که ارتباط مستقیم با سود آنها دارد، اهمیت ویژه‌ای یافته است. در این مقاله، شبکه عصبی فازی برای پیش‌بینی ساعات پیک قیمت انرژی در بازار برق ایران به کار گرفته شده است. برای بررسی اثر تورم و نرخ ارز در پیش‌بینی قیمت انرژی الکتریکی، این روش‌ها در دو حالت ارزیابی می‌گردد. در حالت اول فقط قیمت به عنوان ورودی در نظر گرفته شده و در حالت دوم تورم، نرخ ارز و قیمت به عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شود. این استراتژی قیمت دهی می‌تواند به تولیدکنندگان برق آبی به منظور مدیریت ظرفیت تولید نیروگاه‌ها، افزایش سوددهی و عقد قرارداد بین بخش‌های مختلف مانند توزیع و دیگر بازیگران بازار برق کمک نماید.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی قیمت برق، شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه‌های عصبی فازی، بازار برق

1. مقدمه

در سال‌های اخیر ساختار صنعت برق دچار تغییر و تحول شده و از ساختار انحصاری به ساختار رقابتی تبدیل شده است. در حال حاضر نیروگاه‌ها در جهت تحقق اصل رقابت و نهایتاً پیشنهاد قیمت به بحث عرضه و تقاضا توجه داشته و حرکت‌هایی در جهت افزایش راندمان اقتصادی با تشکیل این بازار آغاز شده است [1]. در این بازارها، خریداران و فروشندگان، پیشنهادهای خرید و فروش برق را یک یا چند روز قبل به بازار ارائه می‌کنند و مدیر بازار با توجه به این پیشنهادها، مقدار تولید تسویه بازار (MCQ^1) و قیمت تسویه بازار (MCP^2) را تعیین می‌کند. MCP ملاک پذیرفته شدن یا نشدن پیشنهادها در بازار است، به طوری که تمام پیشنهادهای فروشی که قیمت آنها کمتر از MCP باشد، پذیرفته می‌شوند. بازارهای برق از لحاظ پرداخت به دو دسته ی پرداخت یکنواخت (UP^3) و پرداخت به میزان پیشنهاد (PAB^4) تقسیم می‌شوند. در بازارهای UP میزان پرداختی به تولیدکننده‌ای که پیشنهاد آن پذیرفته شده است برابر با MCP است ولی در بازارهای PAB پرداخت به تولیدکننده‌ای که پیشنهادش پذیرفته شده است، براساس قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد در نتیجه در بازارهای PAB سود هر تولیدکننده در ارتباط مستقیم با پیشنهاد آن تولیدکننده است. به همین دلیل استراتژی قیمت دهی در بازارهای PAB برای تولیدکنندگان برق آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [2].

¹ Market Clearing Quantity

² Market Clearing Price

³ Uniform Bidding

⁴ Pay As Bid

در مرجع [3] به پیش بینی قیمت برق در بازار برق ایران با رویکرد مدل سری های زمانی پرداخته است. در مرجع [4] پیش بینی قیمت انرژی الکتریکی بازار برق ایران با استفاده از روش شبکه های عصبی انجام شده است و با روش سری های زمانی مقایسه شده است که در نتیجه روش شبکه های عصبی میانگین خطای کمتری را نشان می دهد.

2. مواد و روش ها

1-2 شبکه عصبی فازی

منطق فازی گونه ای بسیار مهم از منطق است که توسط پروفسور لطفی زاده در سال 1965 مطرح شد و به طور جدی در مقابل منطق دودویی ارسطویی قرار گرفت و این منطق نه تنها در حوزه تئوری بلکه در صنعت نیز به کار رفته است و پژوهشگران زیادی را مشغول به تحقیق در این زمینه کرده است. سیستم فازی به دو مدل ممدانی و سوگنو معروف می باشد. هر سیستم فازی از دو قسمت اگر و آنگاه تشکیل شده است که در مدل ممدانی هر دو قسمت فازی و در مدل سوگنو، قسمت اگر فازی و قسمت آنگاه غیر فازی است. سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی یا به اختصار ANFIS توسط دکتر راگر جانگ در سال 1993 معرفی شد. ANFIS یک سیستم استنتاج فازی از نوع سوگنو است.

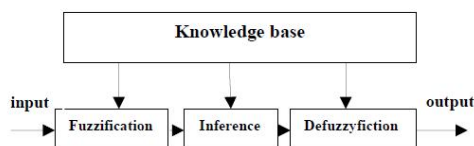
سیستم فازی عصبی یک سیستم ترکیبی است که مرکب از توانایی تصمیم گیری منطق فازی با قابلیت حساب گری شبکه عصبی است و سطح پیچیده و بالایی را برای مدل کردن (تخمین) پیشنهاد می کند. اساساً قسمت فازی مربوط به گروه بندی داده های ورودی به مجموعه هایی که با درجه عضویت مشخص می شوند (که هر عدد بین 0 و 1 می تواند باشد) و تصمیم گیری برای فعالیت بعدی بر اساس یک سری قوانین و حرکت به مرحله بعدی است. سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی شامل بخش هایی از سیستم فازی معمولی خبره می باشد که محاسبات در هر مرحله به وسیله لایه های پنهان نرون و توانایی یادگیری شبکه عصبی ایجاد شده است تا اطلاعات سیستم را افزایش دهد [5].

روند سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی در شکل (1) نشان داده شده است که در آن:

فازی سازی: در این مرحله داده ها جهت ورودی مرحله بعدی فازی سازی می شوند.

استنتاج: تمام قوانین تصمیم گیری بر روی داده های فازی شده و با قوانین اگر-آنگاه درستی آن ها بررسی و تعیین می شوند.

تجمیع و فازی زدایی: در این قسمت خروجی های تمام قواعد با هم ترکیب می شوند و یک مجموعه فازی مرکب را تشکیل می دهند و در نهایت خروجی فازی به دست آمده به یک عدد غیر فازی تبدیل می شود.



شکل 1 - روند سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی

سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی از الگوریتم های هیبریدی (که ترکیبی از دو روش کاهش گرادبان و حداقل مربعات است) و پس انتشار به منظور آموزش شبکه تطبیقی و یافتن مقادیر بهینه پارامترهای ورودی و خروجی استفاده می کند. به منظور ارزیابی تاثیر تورم و نرخ ارز بر روی قیمت انرژی الکتریکی این پیش بینی در دو حالت بررسی می شود. در حالت اول فقط قیمت انرژی الکتریکی را به عنوان ورودی در نظر می گیریم و شبکه را فقط با داده های قیمت آموزش می دهیم. سپس در حالت دوم داده ها را به قیمت ماکزیمم هر ماه تقسیم می کنیم تا داده ها بی بعد شوند که بتوانیم اثر تورم و نرخ ارز را حذف کنیم و یک بار داده های بی بعد شده را به عنوان ورودی شبکه تعریف می کنیم و بار دیگر قیمت ماکزیمم هر ماه، تورم 12 ماهه و نرخ ارز بازار را به عنوان ورودی در نظر می گیریم که خروجی در شبکه دوم ماکزیمم قیمت ماهانه می باشد، و در نهایت داده های خروجی از هر دو شبکه را در هم ضرب می کنیم تا قیمت تخمینی آینده به دست آید.

در این مقاله به پیش بینی قیمت در ساعات پیک مصرف پرداخته شده است که می تواند به تولید کنندگان برق آبی جهت برنامه ریزی تولید در راستای افزایش سود کمک کند. بررسی کارایی مدل به دست آمده برای پیش بینی قیمت انرژی الکتریکی توسط معیارهای متفاوتی صورت می گیرد که از جمله آن ها می توان به میانگین مربعات خطا و معیار رگرسیون اشاره کرد.

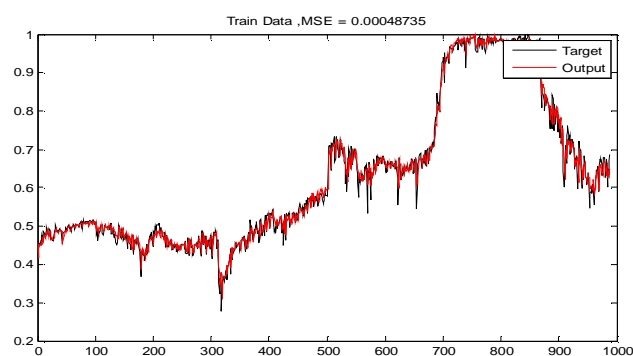
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2$$

P_i : مقادیر شبیه سازی شده

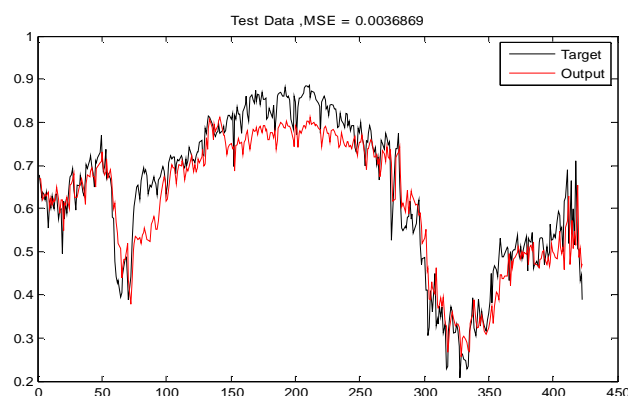
O_i : مقادیر واقعی

3. نتایج

الف - پیش‌بینی قیمت برق بر اساس قیمت‌های گذشته
پیش‌بینی قیمت را با شبکه‌های عصبی فازی با داده‌های ورودی قیمت انرژی الکتریکی نرمال‌شده اجرا در شکل (2) و (3) نمایش داده شده است.

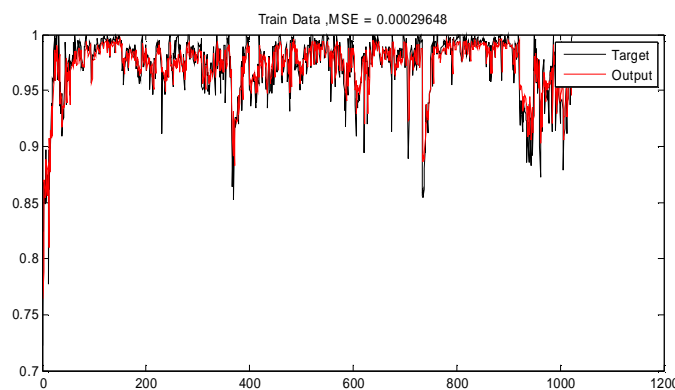


شکل 2 - میزان انطباق داده‌های استفاده شده برای آموزش بر داده‌های ورودی در حالت الف

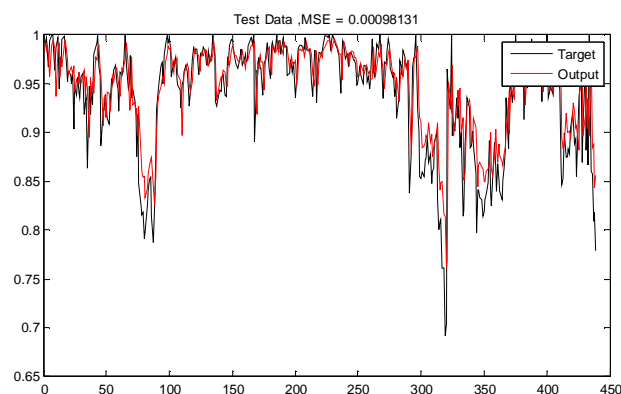


شکل 3 - میزان انطباق داده‌های آزمایشی بر داده‌های ورودی در حالت الف

ب - پیش‌بینی قیمت برق بر اساس قیمت‌های گذشته و نرخ تورم و قیمت ارز
پیش‌بینی قیمت را با شبکه‌های عصبی فازی با داده‌های ورودی قیمت انرژی الکتریکی نرمال‌شده، مقدار تورم و نرخ ارز اجرا در شکل (4) و (5) نمایش داده شده است.



شکل 4 - میزان انطباق داده های استفاده شده برای آموزش بر داده های ورودی در حالت ب



شکل 5 - میزان انطباق داده های آزمایشی بر داده های ورودی در حالت ب

4. بحث و نتیجه گیری

همانگونه که در بخش قبل مشاهده شد، مقدار MSE داده های مورد استفاده جهت آموزش هنگامی که فقط از قیمت های گذشته برق استفاده شود بهتر از MSE در حالتی است که نرخ تورم و قیمت ارز نیز دخالت داده شود. این موضوع در داده های مورد استفاده آزمایشی نیز صادق است. این موضوع نشان می دهد قیمت برق در بازار برق ایران ارتباطی با قیمت ارز و نرخ تورم نداشته و سازوکار جدایی از این مقولات دارد. لذا برای پیش بینی قیمت بازار برق بهتر است صرفاً رفتار گذشته بازار، متشکل از مصرف کننده و تولید کننده، مورد بررسی قرار گیرد.

5. مراجع

1. ریاضی، م؛ قلم چی، م، شرکت مشاور، معاونت مهندسی بهره برداری و طرح های بهینه سازی، (1386). بازار برق ایران از دید بهره برداری. مقاله چاپ شده در ششمین همایش ملی انرژی، 22 و 23 خرداد ماه، ایران: 7-1.
2. کبیری، ا؛ زهرائی، ب، بورسپاهی سامیان، ح، (1394). بهینه سازی غیرقطعی پیشنهاددهی قیمت تولید انرژی برق آبی در بازار برق ایران. مقاله چاپ شده در دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، 15 تا 17 اردیبهشت ماه، تبریز، ایران: 9-1.
3. منظور، د؛ صفاکیش، ا، (1388). پیش بینی قیمت برق در بازار برق رقابتی ایران با رویکرد مدل سری های زمانی. هفتمین همایش ملی انرژی، 1 و 2 دی ماه، ایران: 11-1.
4. اسماعیلی کلاتل، ا؛ علومی بایگی، م، استفاده از روش شبکه های عصبی برای پیش بینی قیمت خرید انرژی در بازار برق ایران. بیست و سومین کنفرانس بین المللی برق: 9-1، PSC 2008.



پانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
24 و 25 آذر 1395



5. Eswari, S.; Raghunath, P.N., Suguna, "Ductility performance of hybrid Fibre reinforced concreet", American Journal of applied sciences 5 (9) pp. 1257-1262, 2008.