

معرفی شاخصی برای بررسی رفتار عمومی پیشنهاد قیمت فروشندگان در بازار برق ایران

مظاهر حاجی باشی، حسن غریب پور، ایمان رحمتی، مصطفی یوسفی رامندی

معاونت بازار برق

شرکت مدیریت شبکه برق ایران، IGMCI

تهران - ایران

Hajibashi.m@igmc.ir

۱. مقدمه

شفافیت در روابط، رقابت بالا و بهره‌وری بیشتر از مزایای سیستم-های قدرت تجدیدساختار یافته است [1]. یک محیط رقابتی رفتارهای استراتژیک خاص خود را ایجاد می‌کند. در یک بازار طبیعی چنانچه فراوانی یک کالا زیاد باشد، انتظار می‌رود فروشندگان قیمت پایین‌تری را پیشنهاد دهند و در صورت کاهش فراوانی کالا، قیمت‌های پیشنهادی نیز افزایش می‌یابد [2]. در بازار برق ایران، به دلیل نزدیکی میزان پیک بار با کل ظرفیت نصب شده و قوانین موجود در مورد رعایت میزان کف ابراز آمادگی، تفاوت مقادیر کل ظرفیت آماده و بار شبکه می‌تواند نماینده فراوانی کالا در بازار برق در نظر گرفته شود. از این تفاوت در این مقاله با عنوان حاشیه ظرفیت یاد می‌شود. رفتار عمومی طبیعی برای فروشندگان بازار برق ایران این است که با کاهش حاشیه ظرفیت سیستم، قیمت‌های پیشنهادی رشد کرده و با افزایش حاشیه ظرفیت سیستم قیمت‌های پیشنهادی کاهش یابند.

چکیده — رفتار طبیعی بازیگران در یک بازار رقابتی با مکانیزم تسویه قیمت یکنواخت (UP)، پیشنهاد قیمت نهایی است اما در بازار برق که یک بازار انحصار چندجانبه است این رفتار متفاوت خواهد بود. بازار برق ایران یک بازار پرداخت معادل پیشنهاد است (PAB) لذا رفتار پیشنهاد قیمت بازیگران به کلی متفاوت خواهد بود. صرف نظر از مکانیزم تسویه، انتظار می‌رود در یک بازار با افزایش فراوانی یک کالا قیمت‌های پیشنهادی کاهش یافته و با کاهش فراوانی آن قیمت‌های پیشنهادی افزایش یابد. در این مقاله شاخصی برای مطالعه رفتار فروشندگان بازار برق ایران معرفی می‌شود تا انطباق رفتار پیشنهاد قیمت عمومی فروشندگان با این رفتار طبیعی مورد انتظار در یک بازار را بررسی نماید. هم‌چنین تاثیر اقدامات انجام شده در غالب طرح سامانه مشترک آرایش تولید (سمات) و تاثیر آن بر رفتار پیشنهاد قیمت عمومی فروشندگان بازار برق ایران بررسی می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد رفتار فروشندگان در بازار برق ایران از رفتار طبیعی مورد انتظار دچار انحراف می‌شود. هم‌چنین طرح سمارت می‌تواند رفتار بازیگران بازار را بهبود بخشد.

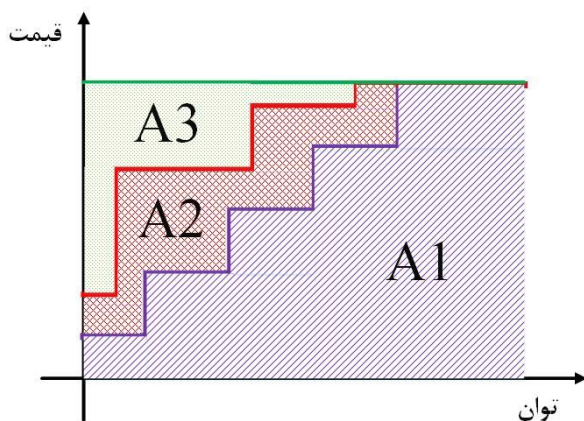
واژه‌های کلیدی — رفتار عمومی پیشنهاد قیمت فروشندگان در بازار

برق؛ بازار PAB

در مراجع مختلف تفاوت‌های زیادی در مورد مکانیزم‌های UP و PAB بیان شده است. این تفاوت‌ها را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد. مسائل مورد نظر سیاست‌گذاران بازار برق مانند کشش بازار برای

۲. مدل رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران

در بازار برق ایران بازار عمده‌فروشی با مکانیزم PAB تسویه می‌گردد. سقف قیمت نیز هر ساله توسط هیأت تنظیم بازار برق ایران تعیین و جهت اعمال به شرکت مدیریت شبکه برق ایران ابلاغ می‌شود. بر این اساس بیشترین درآمد قابل انتظار برای یک فروشنده در بازار برق ایران این است که کل ظرفیت قابل تولید را با قیمت سقف در بازار عمده‌فروشی به فروش برساند. البته در صورتی که یک فروشنده چنین منحنی پیشنهاد قیمتی ارایه نماید شانس قرار گرفتن آن در بین برندگان حراج بسته به شرایط ممکن است کاهش یابد. بر این اساس، هر یک از فروشندگان با در نظر گرفتن شرایط بازار، شبکه و رفتار دیگر فروشندگان از بخشی از این درآمد قابل انتظار برای ارایه پیشنهاد، صرف نظر کرده و یک منحنی پیشنهاد قیمت پله‌ای - خطی ارایه می‌نماید.



شکل ۱. منحنی پیشنهاد قیمت پله‌ای خطی

با توجه به شکل، خط بالای نمودار نشان‌دهنده سقف قیمت بازار است. حداکثر درآمد قابل دستیابی یک فروشنده کل مساحت بخش‌های A1، A2 و A3 خواهد بود. در صورتی که یک فروشنده منحنی پیشنهاد قیمتی را ارایه کند که سطح زیر آن A1 باشد، این فروشنده از پیشنهاد درآمد قابل دستیابی به اندازه مساحت A2 به علاوه A3 صرف‌نظر کرده است. این تصمیم با در نظر گرفتن شرایط بازار توسط فروشنده اتخاذ شده است. قابل توجه است که این فروشنده می‌تواند منحنی پیشنهاد قیمتی را ارایه نماید که مساحت سطح زیر آن A1 است. در این صورت این فروشنده از بخش بیشتری از درآمد قابل دستیابی به توجه به شرایط بازار صرف‌نظر کرده

جذب بازیگران جدید [3]، مطالعه تغییر رفتار بازیگران بازار در مکانیزم‌های PAB و UP [4]، مسایل مورد نظر مدیر بازار مانند آسیب‌پذیری بازیگران در برابر اعمال قدرت بازار در دو مکانیزم PAB و UP [5]، قابلیت استفاده از تولیدکنندگان دارای شایستگی اقتصادی بیشتر [6]، و در نهایت مسایل مورد نظر بازیگران بازار برق مانند میزان ریسک شرکت در بازارهای با مکانیزم PAB و UP [11]، برتری مکانیزم‌های PAB و UP نسبت به هم در حداکثر سازی رفاه اجتماعی نمونه‌ای از این تفاوت‌ها است. بسیاری از بازارهای برق دنیا از مکانیزم UP برای تسویه بازار استفاده می‌کنند که در آن پرداخت به همه برندگان حراج فروش انرژی بر اساس قیمت بازار انجام می‌شود [7]. در صورتی که حاشیه رزرو سیستم کم باشد، واحدهای تولید گرانتز برای تولید انرژی انتخاب می‌شوند و قیمت بازار افزایش خواهد یافت و برعکس. این توضیح در مورد یک بازار برق PAB نیازمند بازنگری است [8] چراکه منابع موجود از تفاوت‌های اساسی در رفتار پیشنهاد قیمت بازیگران شرکت‌کننده در حراج‌هایی با مکانیزم PAB و UP خبر می‌دهند [12]. باتوجه به تفاوت‌های گزارش شده از دو مکانیزم PAB و UP بررسی رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران در بازار برق ایران که از مکانیزم PAB برای تسویه بازار استفاده می‌کند جالب توجه خواهد بود.

در بازار PAB فروشندگان یک درآمد قابل انتظار برای خود متصور هستند که آن را از طریق منحنی‌های پیشنهاد قیمت به مدیر بازار اعلام می‌نمایند. در واقع از دید فروشندگان، انتگرال زیر منحنی پیشنهاد قیمت، درآمد قابل انتظار یک فروشنده از بازار برق است. در این مقاله شاخصی معرفی می‌شود که با توجه به همین نکته، رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران را مورد مطالعه قرار می‌دهد. شاخص نسبت درآمد پیشنهاد شده به حداکثر درآمد قابل دستیابی (ORMOR) که برای سنجش میل بازیگران به پیشنهاد با قیمت‌های بیشتر طراحی شده است در این مقاله معرفی می‌شود. سپس با استفاده از سیستم‌های استنتاج فازی - عصبی، مدل رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران بازار برق ایران که تغییرات شاخص ORMOR را نسبت به حاشیه رزرو سیستم مورد بررسی قرار می‌دهد، به دست می‌آید. در نهایت با استفاده از این مدل، تاثیر اقدامات انجام شده توسط شرکت مدیریت شبکه برق ایران در غالب طرح (سمات) بر رفتار عمومی پیشنهاد قیمت فروشندگان بازار برق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برای اینکه رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران در بازار مورد مطالعه قرار گیرد، برای هر ساعت از روز بازار منحنی تجمعی پیشنهاد قیمت کلیه بازیگران به دست آورده می‌شود. حاصل یک منحنی پله‌ای - خطی خواهد بود که کل توان پیشنهاد شده برای فروش در ساعت h بر اساس قیمت‌های پیشنهادی بازیگران در آن نمایش داده می‌شود. برای این منحنی پیشنهاد قیمت، شاخص ORMOR محاسبه می‌شود ($ORMOR_{net}(h)$). بر این اساس دو سری زمانی برای ۲۴ ساعت روز بازار به دست می‌آید.

مدل رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران $ORMOR_{net}(R)$ است که در واقع تغییرات شاخص ORMOR را بر حسب حاشیه ظرفیت سیستم بررسی می‌کند. هر یک از بازیگران ممکن است تفسیر متفاوتی نسبت به حاشیه ظرفیت سیستم داشته باشد. به طور مثال، یک بازیگر بسته به محل قرارگیری در سیستم قدرت، تجربه و اطلاع خود از بازار، حاشیه ظرفیت ۳۰ درصد را به عنوان حاشیه ظرفیت متوسط برای سیستم تفسیر کرده و پیشنهاد قیمت خود را بر این اساس تنظیم می‌کند. ممکن است یک بازیگر دیگر، همین حاشیه را بسته به شرایط، اطلاعات و تجربه خود به عنوان حاشیه ظرفیت پایین تفسیر کرده و منحنی پیشنهاد قیمت خود را بر این اساس تنظیم کند. این تفسیرهای متفاوت از حاشیه ظرفیت باعث می‌شود مدل‌سازی رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران که حاصل از رفتار کلیه بازیگران بازار است با روش‌های کلاسیک امکان پذیر نباشد.

برای پیشنهاد قیمت، در واقع شرایط بازار، رفتار دیگر بازیگران و تفسیرهای متفاوت از حاشیه ظرفیت سیستم در اختیار یک فرد خبره قرار گرفته و منحنی پیشنهاد قیمت توسط این فرد ارایه می‌شود. در صورتی که دو بازیگر متفاوت برای ارایه منحنی پیشنهاد قیمت از نرم‌افزار نیز استفاده کنند به جای فرد خبره یک سیستم خبره این تصمیمات را اتخاذ می‌کند اما در اینکه تفسیرهای متفاوت از شرایط بازار در تصمیمات این سیستم تأثیرگذار است شکی وجود ندارد. تفسیرهای متفاوت از یک متغیر؛ نویسندگان مقاله را به استفاده از متغیرهای زبانی مورد استفاده در سیستم‌های فازی سوق داد. این متغیرهای زبانی به خوبی رفتار یک فرد خبره را مدل‌سازی می‌کنند.

برای اینکه مدل بتواند در شرایط مختلف مقدار قابل قبولی برای شاخص ORMOR که نمایانگر رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران در بازار برق ایران است، ارایه نماید از سیستم‌های استنتاج فازی - عصبی (ANFIS) استفاده شده است. ANFIS دارای سه بخش اساسی است. بخش اول انتخاب قوانین فازی، بخش دوم به دست آوردن توابع عضویت و در نهایت رسیدن به استنتاج فازی است [9]. قبل از هر چیز داده‌های

است. با توجه به این توضیحات شاخص ORMOR به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$ORMOR = \frac{\int_0^{\bar{P}} OF(p) dp}{\bar{P} \cdot \pi_{cap}} \quad (1)$$

که در آن \bar{P} ، حداکثر توان قابل تولید یک واحد نیروگاهی است که منحنی پیشنهاد قیمت برای آن ارایه می‌شود، $OF(p)$ ضابطه منحنی پیشنهاد قیمت و π_{cap} سقف قیمت بازار است.

در یک بازار رقابتی UP، بازیگران بر اساس شایستگی اقتصادی که بر پایه قیمت نهایی تولید تعیین می‌شود برای تولید انتخاب می‌شوند. بنابراین انتظار می‌رود در مواقعی که حاشیه ظرفیت سیستم کافی باشد قیمت بازار کمتر (به دلیل انتخاب تولیدکنندگان با قیمت نهایی کمتر) و در مواقعی که حاشیه ظرفیت سیستم ناکافی باشد (به دلیل انتخاب تولیدکنندگان با قیمت نهایی بالاتر) قیمت بازار بالاتر باشد. در یک بازار PAB، به این دلیل که قیمت بازار برای بازیگران مشخص نیست، بازیگران بر اساس قیمت نهایی پیشنهاد قیمت خود را ارایه نمی‌کنند. به همین دلیل انتظار می‌رود که رفتار پیشنهاد قیمت بازیگران نسبت به این رفتار طبیعی مورد انتظار انحراف داشته باشد.

حاشیه ظرفیت سیستم نیز بر اساس اطلاعات بار پیش‌بینی شده و آمادگی ابراز شده توسط بازیگران، با استفاده از رابطه ۲ قابل محاسبه است.

$$R_{net}(h) = \frac{\left(\sum_{i=1}^N \bar{P}_i(h) - D_{net}(h) \right)}{D_{net}(h)} \quad (2)$$

که در آن $R_{net}(h)$ نماینده حاشیه ظرفیت سیستم در ساعت h ، $D_{net}(h)$ کل بار پیش‌بینی شده در ساعت h ، $\bar{P}_i(h)$ ابراز آمادگی واحد i و N نماینده کل واحدهای نیروگاهی است که در ساعت h ابراز آمادگی کرده‌اند.

If x is A1 and y is B1, then $f1=p1x+q1y+r1$

If x is A2 and y is B2, then $f2=p2x+q2y+r2$

لایه اول: ترتیب عضویت هریک از متغیرها بر اساس توابع عضویت محاسبه می‌شود.

لایه دوم: هر گره از این لایه حاصل ضرب کلیه سیگنال‌های ورودی است و مقدار آن قدرت آتش قانون مورد نظر را نشان می‌دهد.

لایه ۳: در این گره قدرت آتش نرمالیزه به دست می‌آید.

لایه ۴: هر گره از این لایه یک گره تطبیقی با تابع گره به صورت رابطه ۴ است.

$$Q_{4,i} = \bar{W}_i f_i = \bar{W}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (4)$$

$\{p_i, q_i, r_i\}$ مجموعه پارامترهای گره مورد نظر هستند.

لایه پنجم: این گره خروجی نهایی را به صورت مجموع سیگنال‌های ورودی با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌نماید.

$$Q_5 = \sum_i \bar{W}_i f_i = \frac{\sum_i W_i f_i}{\sum_i W_i} \quad (5)$$

۳. نتایج

در این بخش، مدل عمومی رفتار پیشنهاد قیمت بازیگران برای حدود ۵۴۰ واحد نیروگاهی در بازار برق ایران به دست می‌آید. $ORMOR_{net}(h)$ و $R(h)$ برای یک دوره‌های یک ماهه محاسبه می‌شوند.

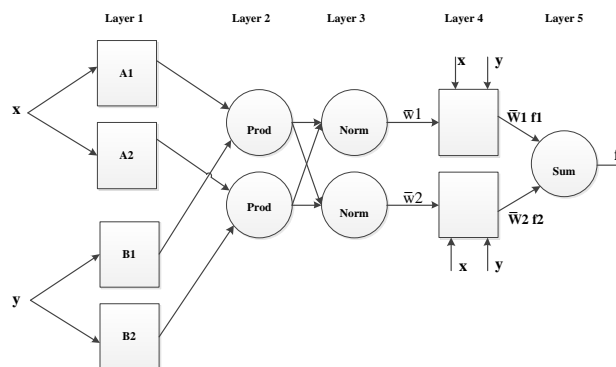
مقایسه رفتار بازیگران در شرایط بار پیک و کم‌باری نشان می‌دهد که ارتفاع منحنی مدل رفتاری (حداکثر مقدار $ORMOR_{net}(h)$ مشاهده شده منهای حداقل مقدار $ORMOR_{net}(h)$ در بازه مورد مطالعه) در دوران پیک بار کمتر است. این امر نشان می‌دهد رفتار بازیگران در دوران پیک بار تغییرات کمتری نسبت به دوران کم‌باری دارد. با توجه به شکل ۳-b رفتار غیر

ورودی که در این جا $ORMOR_{net}(h)$ و $R_{net}(h)$ هستند باید برای دست-یابی به سیستم استنتاج فازی دسته‌بندی شوند. روش‌های مختلفی مانند روش درختی [10]، دسته بندی مشبک [11]، دسته بندی کاتوره‌ای [12] برای دسته‌بندی استفاده می‌شود. هر یک از روش‌های فوق، دارای ویژگی‌ها و مشکلات خاص خود است. مشکلات این روش‌ها باعث شد تا در این مقاله از روش دسته‌بندی فازی تقریبی استفاده شود [13]. این روش هر یک از داده‌ها در فضای ورودی را به عنوان یک مرکز دسته احتمالی در نظر گرفته و بر اساس فاصله متوسط داده‌ها از مرکز دسته مورد نظر، مرکز دسته‌ها را رتبه‌بندی می‌کند. تابع عضویت داده x_i در دسته با مرکز دسته c_j به صورت رابطه ۳ است.

$$\mu_{c_j}(x_i) = \exp \left(-0.5 (x_i - c_j)^T \Omega^{-1} (x_i - c_j) \right) \quad (3)$$

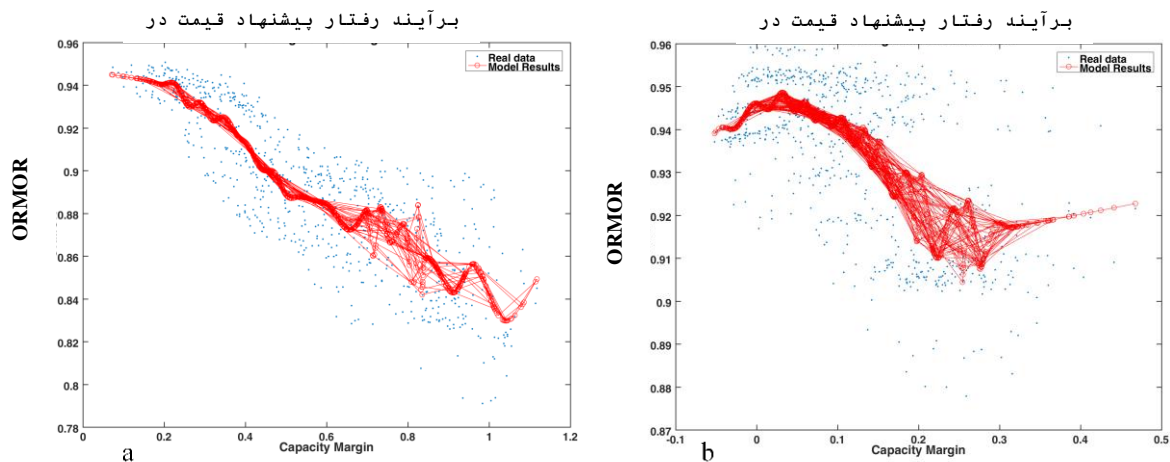
که در آن Ω نماینده یک ماتریس قطری است که درایه‌های آن (λ_{jj}) حوزه تاثیر یک مرکز دسته (c_j) را نشان می‌دهند. با استفاده از این روش، تعداد قوانین فازی و توابع عضویت تعیین می‌شوند. به دلیل اینکه سیستم استنتاج فازی سوگنو، یک تابع خروجی خوشرفتار را ایجاد می‌کند و این همان خروجی مطلوب برای مدل‌سازی رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران در بازار برق ایران است، در این مقاله از سیستم‌های فازی سوگنو استفاده شده است [14]. برای به دست آوردن پارامترهای به کار رفته در توابع عضویت سیستم استنتاج فازی از شبکه‌های عصبی پسر و استفاده شده است [15].

در نهایت یک سیستم استنتاج فازی تطبیقی با استفاده از شبکه عصبی به صورت نشان داده شده در شکل ۲ حاصل می‌شود.

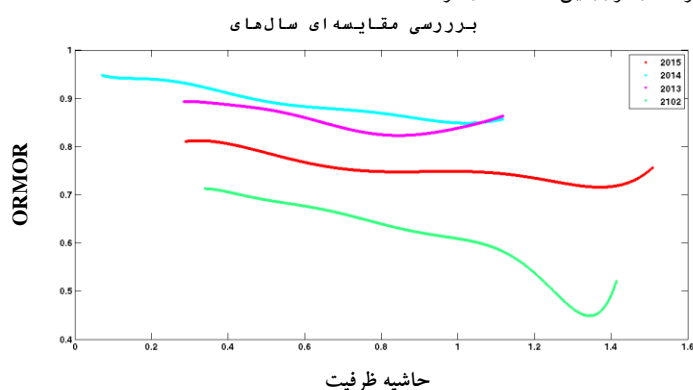


شکل ۲. ساختار ANFIS

مطابق شکل ۲ فرض می‌شود که ANFIS دارای دو متغیر ورودی است که هر یک دو تابع عضویت دارند. مدل فازی سوگنو مرتبه اول قوانین به صورت زیر خواهد داشت:



شکل ۳. رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران بازار برق ایران در فروردین ماه (a) و مرداد ماه (b)



شکل ۴. رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران برای سال‌های ۹۱ تا ۹۴

بازیگران در سال‌های ۹۱ تا ۹۳ روند افزایشی داشته است. در سال ۹۴، به منظور اصلاح رفتار پیشنهاد قیمت بازیگران بازار برق، هماهنگی بین اپراتور سیستم و واحد برنامه‌ریزی آرایش تولید صورت گرفت. با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که مقادیر شاخص ORMOR در سال ۹۴ به کمتر از مقادیر به دست آمده از مدل مربوط به سال‌های ۹۲ و ۹۳ شده است.

۴. نتیجه گیری

در این مقاله مدلی برای مطالعه رفتار عمومی پیشنهاد قیمت فروشندگان در بازار برق ایران ارائه شد. برای این منظور شاخص نسبت درآمد پیشنهاد شده به حداکثر درآمد قابل دستیابی معرفی شد که در واقع میل فروشندگان در یک بازار PAB را برای پیشنهاد قیمت‌های بالا در بازار برق مورد ارزیابی قرار می‌دهد. مدل ارائه شده مقدار شاخص مورد نظر را بر اساس میزان

عادی بازیگران در مواقعی که حاشیه ظرفیت کمترین و بیشترین مقدار را دارد نمایان است. با شروع از ضلع چپ شکل ۳-a و حرکت به سمت راست حاشیه ظرفیت سیستم در حال افزایش است لذا انتظار می‌رود شاخص ORMOR روند کاهشی داشته باشد. این درحالی است که نتایج، خلاف این موضوع را نشان می‌دهد. مشابه همین توضیح برای حرکت از نقاط گوشه سمت راست شکل ۳-b به سمت نقاط با حاشیه ظرفیت کمتر برقرار است. بر خلاف اینکه انتظار می‌رود با افزایش حاشیه ظرفیت ORMOR روند کاهشی داشته باشد، روند افزایشی از خود نشان می‌دهد. این نتیجه نشان می‌دهد برآیند درک بازیگران از شرایط حدی بازار یکسان نیست.

از دیدگاه مدیر بازار مدل ارائه شده می‌تواند تغییرات رفتار بازیگران را در اثر تغییر قوانین بازار، تغییر استراتژی‌ها و شیوه برنامه‌ریزی تولید مرکز، مورد بررسی قرار دهد. برای نشان دادن این موضوع تاثیر اقدامات انجام شده در قالب طرح سمات در شرکت مدیریت شبکه برق ایران، بر رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور، مدل پیشنهادی برای شرایط کم‌باری سال‌های ۹۱ تا ۹۴، به دست آمده و یک چند جمله‌ای برای آن برازش می‌شود.

با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که هماهنگی‌های ایجاد شده بین اپراتور سیستم و واحد برنامه‌ریزی تولید در روز قبل تاثیر به سزایی در کاهش شاخص ORMOR برای سال ۹۴ داشته است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقادیر به دست آمده از مدل عمومی رفتار پیشنهاد قیمت

- [13] Chen, M.-S., and Wang, S.-W.: 'Fuzzy clustering analysis for optimizing fuzzy membership functions', Fuzzy Sets and Systems, 1999.
- [14] T. Takagi, M.S.: 'Fuzzy identification of system and its applications to modeling and control', IEEE transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 1985.
- [15] Jang, J.S.R.: 'ANFIS, Adaptive network based fuzzy inference systems', IEEE transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 1993.

حاشیه ظرفیت سیستم مورد مطالعه قرار می‌دهد. بر خلاف انتظار، همواره با افزایش حاشیه ظرفیت سیستم، رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران بازار سیر نزولی نخواهد داشت. همچنین با کاهش حاشیه ظرفیت سیستم نیز همیشه سیر رفتار صعودی نخواهد بود. انحراف از رفتار عادی بیشتر در نقاط حدی حاشیه ظرفیت سیستم مشاهده می‌شود. استفاده از مدل پیشنهادی تاثیرگذاری هماهنگی بین اپراتور سیستم و واحد برنامه‌ریزی تولید بر اصلاح رفتار عمومی پیشنهاد قیمت بازیگران بازار برق را نشان می‌دهد به طوریکه اقدامات انجام شده در این راستا (در قالب طرح سمات) باعث شد تا مقادیر شاخص رفتاری معرفی شده در سال ۹۴ به کمتر از مقادیر مربوط به سال ۹۲ و ۹۳ برسد.

منابع

- [1] M Shahidehpour, H.Y., Z Li 'Market Operations in Electric Power Systems' (Wiley 2002)
- [2] Kirschen, D., and Strbac, G.: 'Fundamentals of power system economy' (Wiley Online Library, 2004)
- [3] Nielsen, S., Sorknæs, P., and Østergaard, P.A.: 'Electricity market auction settings in a future Danish electricity system with a high penetration of renewable energy sources—A comparison of marginal pricing and pay-as-bid', Energy, 2011, 36, (7), pp. 4434-4444.
- [4] Ren, Y., and Galiana, F.D.: 'Pay-as-bid versus marginal pricing-part I: strategic generator offers', Power Systems, IEEE Transactions on, 2004, 19, (4), pp. 1771-1776.
- [5] Bialek, J.W.: 'Gaming the uniform-price spot market: quantitative analysis', 2002. Power Systems, IEEE Transactions on.
- [6] Tierney, S.F., Schatzki, T., and Mukerji, R.: 'Uniform-pricing versus pay-as-bid in wholesale electricity markets: does it make a difference?', Analysis Group AMD New York Independent System Operator, March, 2008.
- [7] Bower, J., and Bunn, D.: 'Experimental analysis of the efficiency of uniform-price versus discriminatory auctions in the England and Wales electricity market', Journal of economic dynamics and control, 2001, 25, (3), pp. 561-592.
- [8] Damianov, D.S., and Becker, J.G.: 'Auctions with variable supply: Uniform price versus discriminatory', European Economic Review, 2010, 54, (4), pp. 571-593.
- [9] Jang, J.-S., and Sun, C.-T.: 'Neuro-fuzzy modeling and control', Proceedings of the IEEE, 1995, 83, pp. 378-406.
- [10] Meila, M.: 'Comparing clusterings: an axiomatic view', in Editor (Ed.) (Eds.): 'Book Comparing clusterings: an axiomatic view' 2005.
- [11] Guillaume, S.: 'Designing fuzzy inference systems from data: an interpretability-oriented review', Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, 2001.
- [12] Fritzke, B.: 'Incremental neuro-fuzzy systems', in Editor (Ed.) (Eds.): 'Book Incremental neuro-fuzzy systems' (International Society for Optics and Photonics, (1997, edn.).