

بررسی ساختار و عملکرد بازار برق در نگاه کلان

داریوش محمودی

شرکت مدیریت تولید برق هرمزگان

چکیده

تا قبل از تشکیل بازار برق در ایران معاملات برق به صورت انحصاری با فروش انرژی از سوی تولیدکنندگان (نیروگاهها) به شرکتهای برق منطقه‌ای و توزیع صورت می‌گرفت که در این نوع فروش رقابت، نحوه قیمت‌دهی، قیمت تمام شده انرژی، آمادگی واحدهای مولد انرژی از اهمیت چندانی برخوردار نبود اما از سال ۱۳۸۲ با شکل‌گیری بازار معاملات برق در ایران باعث ایجاد رقابت در پیشنهاد قیمت، بهره‌وری بالاتر، برنامه‌ریزی تولید، تعمیرات دقیق واحدها و لحاظ نمودن کلیه سود و زیان‌های حاصل از فروش یا عدم فروش در سطح کلان و مدیریت نیروگاهها گردید. که فعالیت و ادامه حیات نیروگاهها کاملاً وابسته به معاملات صحیح و دقیق آنها با بازار برق می‌باشد. در حال حاضر نیروگاهها با انعقاد قرارداد فروش انرژی با شرکتهای برق منطقه‌ای و تحویل انرژی به شرکت شبکه برق ایران وارد معاملات بازار برق می‌شوند که در نهایت درآمد حاصل از فروش را پس از کسر جریمه‌های عدم تولید، آزمون ناموفق ابرازی و ... از شرکت شبکه برق ایران به شرکتهای برق منطقه‌ای و در نهایت طی قرارداد منعقد به تولیدکنندگان برق پرداخت می‌گردد. که در این مقاله به اختصار درباره ساختار ساختمانی، نحوه مدیریت و قواعد بازی طرفهای درگیر در بازار شرح داده شده است.

واژه‌های کلیدی: بازار برق، تولیدکنندگان (نیروگاهها)، شبکه برق ایران

۱- مقدمه

بر مبنای پیشنهاد قیمت انرژی و آمادگی تولید واحدهای مولد نیروگاهی می‌باشد.

بازار برق از فروشندگان، خریداران، مدیر بازار، مرکز و هیأت تنظیم بازار تشکیل شده است. فروشندگان شرکتهای برق منطقه‌ای و شرکتهای آب منطقه‌ای و مالکین تاسیسات تولید برق هستند و خریداران نیز شرکتهای برق منطقه‌ای هستند. نیروگاهها به نمایندگی از سوی فروشنده و شرکتهای توزیع به نمایندگی از سوی خریدار حضور دارند.

مدیر بازار نیز واحدی به منظور ایجاد بستر مناسب برای انجام عملیات خرید و فروش، ساماندهی تبادل اطلاعات و مبادلات مالی می‌باشد.

بازار برق ایران از ابتدای سال ۱۳۸۲ به صورت یک بازار متمرکز خرید از تمام تولیدکنندگان شکل گرفته است. بین تولیدکنندگان مختلف که می‌خواهند برق را به بازار برق بفروشند رقابت وجود دارد. آژانس خرید؛ شرکت مدیریت شبکه برق ایران است که برق را از تولیدکننده خریداری کرده و به شرکتهای توزیع کننده جهت توزیع بین مشترکین می‌فروشد. از آنجایی که در شبکه برق ایران در بخش قابل توجهی از سال ذخیره تولید پایین است می‌بایست تمام واحد-های تولید با آمادگی کامل در شبکه حضور داشته باشند. آمادگی نیروگاهها به صورت تضمینی و انرژی تولیدی آنها در فضای رقابت خریداری می‌شود. پرداخت به تولیدکنندگان

مرکز نیز واحدی به منظور راهبری شبکه سراسری برق کشور و اطمینان از شرایط بهره برداری ایمن می باشد.

هیئت تنظیم بازار نظارت مستمر بر حسن اجرای آئین نامه و رفع ابهام و اتخاذ تصمیم در موارد پیش بینی نشده و تدوین و ابلاغ رویه‌های اجرایی و رویه تعیین خسارت و تأیید قراردادهای فی‌مابین مدیر بازار، مرکز، خریداران و فروشندگان و تدوین شاخصهای کارآمدی بازار و نظارت بر گردش سالم و کارآمد بازار و تدوین و پیشنهاد گسترش بازار و تدوین پیشنهاد اصلاح یا تکمیل مفاد آئین نامه برعهده دارد.

۲- انواع بازار برق و دامنه کاربرد آن

از اول آبان ۸۲ بحث بازار برق و انواع آن شروع شد. در این بازارها نحوه قیمت گذاری و پرداخت وجه به تولید کنندگان بر اساس پیشنهاد قیمت خود آنها می باشد و نه بر اساس قیمت تصفیه بازار.

۱-۲- انواع بازار برق عبارتند از [۸] :

(a) بازار روز بعد (Day Ahead)

(b) بازار ساعت بعد (Hour Ahead)

(c) بازار تعادل و یا زمان حقیقی (Balancing Market)

(d) بازار ظرفیت (Capacity Market)

(e) بازار خدمات جانبی (Ancillary [A/S])

در ایران فقط در بخش فروش رقابت وجود دارد و در بخش خرید از بازار، رقابتی موجود نیست. به عبارت دیگر بازار برق ما Single-Sided و به صورت عمده فروشی (Wholesale) می باشد. پس به طور خلاصه بازار برق ایران عمده فروشی، یکطرفه یا Pay as bid می باشد. در بازار روز بعد برای هر ساعت قیمت تسویه بازار تعیین می شود و نرخ جدید از بازار تعیین می شود این قیمت تسویه بازار مشابه MCP (Market Clearing Price) می باشد ولی دقیقاً آن نیست چون در تعیین MCP ممکن است تعدادی از این نیروگاهها دچار ضرر شوند و از این رو که بازار برق ایران یک ارگان غیر انتفاعی است بنابراین چنین ضررهایی را باید در نظر بگیرد و یک تعادلی میان فروش، خرید و انتقال بایستی برقرار گردد.

که بازار برق ایران یک بازار Day Ahead می باشد (هر چند این بازار یک بازار سه زوز بعد می باشد، ولی عملاً یک روز قبل از بازار پیشنهادات اعلام می شوند و تصحیح صورت می گیرد تا در روز قبل قطعی شوند) پیشنهادات گرفته شده به

عنوان ورودی های برنامه UC (Unit Commitment) بر پایه قیمت در نظر گرفته می شوند که این UC در روز قبل صورت می گیرد و برطبق آئین نامه آرایش واحدهای تولیدی تا ساعت ۱۲ روز بعد انجام می شود [۱].

از این رو برنامه ای که ۱۲ ساعت قبل اجرا می شود به چهار دلیل عمده؛ دارای تغییر می باشد. اولین دلیل اینکه این برنامه ریزی دچار تغییرات خواهد شد تغییرات در پیش بینی مصرف خواهد بود. این مسئله از آنجا ناشی می شود که برنامه ریزی آرایش واحدها بر اساس روز قبل صورت می گیرد در صورتی که در رأس ساعت ۱۲ میزان بار مصرفی تغییر کرده است و از اینرو قطعاً در برنامه ریزی آرایش واحدها تغییر حاصل خواهد شد.

دلیل عمده دیگری که بر روی برنامه ریزی آرایش واحدهای تولیدی تاثیر می گذارد، مساله برنامه ریزی تغییرات و نگهداری واحدها می باشد خیلی از واحدهای نیروگاهی به دلیل برنامه تعمیرات نیروگاهی خود نیاز به اخذ مجوز مرکز دارند که چنین مجوزی در ساعت ۱۴ تا ۱۶ روز قبل صادر می شود

۲-۲- محدوده و دامنه کاربرد [۸] :

روش، نرخ و شرایط خرید و فروش برق، موضوع این آیین نامه برای :

(a) شرکت سهامی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق

(b) ایران (توانیر) و شرکتهای تابع آن

(c) شرکتهای آب منطقه ای و سازمان آب و برق خوزستان که دارای نیروگاههای برق آبی می باشند.

سایر تولید کنندگان برق که انرژی تولیدی خود را در شبکه برق کشور می فروشند لازم الاجرا می باشد.

۲-۳- مسئولیت :

مسئولیت اجرای این آیین نامه به عهده معاون وزیر نیرو و رئیس هیئت مدیره شرکت توانیر می باشد.

۲-۴- تعاریف [۸] :

به دلیل تنوع در تعاریف و طولانی بودن آن از آوردن آنها می پرهیزیم

۲-۵- ساختار بازار برق [۵و۲] :

۲-۵-۱- هیأت تنظیم بازار :

به منظور هدایت و نظارت بر بازار برق ، (هیأت تنظیم بازار) که به اختصار (هیأت) نامیده می شود ، تشکیل می گردد . این هیأت متشکل از پنج نفر به پیشنهاد معاون امور برق

وزارت نیرو و تایید وزیر نیرو می باشد و تصمیمات آن با رأی اکثریت اعضا اتخاذ می گردد. وظایف این هیأت به شرح زیر می باشد:

۲-۵-۲- مدیر بازار [۶]:

عملیات خرید و فروش برق اعم از ساماندهی تبادل اطلاعات و یا مبادلات مالی با فروشنده ها و خریدارها توسط شرکت توانیر، که در این آیین نامه (مدیر بازار) نامیده می شود، صورت می گیرد.

۲-۵-۳- مرکز:

راهبری شبکه سراسری برق کشور [۸و۱] و اطمینان شرایط بهره برداری ایمن از این شبکه بر عهده مرکز ملی راهبری و پایش شبکه سراسری برق کشور (دیسپاچینگ) است که مرکز نامیده می شود. در این ارتباط، تمام فروشنده ها، خریدارها، نیروگاه ها و شرکت های توزیع در هر شرایط ملزم به تبعیت از دستورات مرکز می باشند.

تبصره:

با تشکیل شرکت مدیریت شبکه سراسری برق کشور، اختیارات و وظایف مدیر بازار و مرکز به این شرکت محول می گردد.

۲-۶- شرکت مدیریت شبکه برق ایران

(IGMC) [۸و۷]

بازار برق ایران از نظر اجرایی تا پیش از آذرماه ۱۳۸۳ زیر نظر شرکت توانیر قرار داشت ولی با تصویب آئین نامه شرکت مدیریت شبکه برق ایران توسط شورای محترم نگهبان در اواخر شهریور ماه ۱۳۸۳ و ابلاغ آن برای اجرا به هیئت محترم دولت و ابلاغ هیئت دولت به وزارت نیرو بازار برق به عنوان یک ارگان مستقل و رکن اساسی شبکه برق زیر نظر شرکت مدیریت شبکه برق از مهر ماه سال مذکور کار خود را ادامه می دهد.

۲-۷- برخی از مزایای بازار برق:

همانگونه که اشاره شد بازار برق با هدف تامین هر چه بهتر و ارزانتر نیاز مصرف کنندگان ایجاد شد. می توان برای این بازار تعدادی مزایا به شرح زیر را نام برد:

(a) فراهم آوردن حق انتخاب برای مصرف کنندگان

(b) فراهم آوردن بستری مناسب در جهت ارائه خدمات بهتر.
(c) رقابتی نمودن عرضه کالای برق در سطوح مختلف و به تبع آن تعیین قیمت مناسب برای مصرف کننده.

(d) جذب سرمایه های موجود در بخش خصوصی و هدایت آن در جهت انتفاع جمعی و عدم نیاز به سرمایه گذاری کلان دولتی.

(e) افزایش کیفیت کالای ارائه شده با توجه به رقابت موجود.

۲-۸- اجزای سیستم قدرت تجدید ساختار شده [۸]:

اجزای ساختاری و قسمتهای مختلف بازار برق عبارتند از:

(a) شرکتهای تولیدی (Gencos)

(b) شرکتهای توزیع (Discos)

(c) هماهنگ کننده های زمانبندی (SC)

(d) مالکین شبکه انتقال (TO)

(e) اپراتور مستقل سیستم (ISO)

(f) بورس برق (PX)

برخی از این اجزا بسته به ساختار و چهارچوب نظارتی، ممکن است با هم ترکیب شده یا دارای تقسیمات بیشتر بوده و از هم جدا شده باشند. در کشورهای آسیایی، انواع تولید کننده های گوناگون از قبیل منطقه ای، ایالتی در کنار هم وجود دارند. در اینگونه موارد ارتباطات متقابل مالی و فنی بین آنها غیر شفاف بوده و به همین دلیل در جریان تغییر و تکامل سریع می باشند.

شرکتهای تولیدی (Gencos)

شرکتهای مسئول بهره برداری و نگهداری نیروگاهها در بخش تولید هستند که حداکثر موارد مالکیت نیروگاهها را دارا می باشند دسترسی آزاد به شبکه انتقال به شرکتهای تولیدی این امکان را می دهد که بدون تبعیض و به طور عادلانه به شبکه انتقال دسترسی داشته و با یکدیگر به رقابت بپردازند.

تولید کنندگان مستقل برق قراردادی (IPP)

تولید کنندگان مستقل برق که با شرکتهای برق ملی پیرامون خود قراردادهای بلند مدت دارند در تامین تولید اضافی در بسیاری از سیستمهای در حال رشد نقش مهمی را بازی می کنند.

شرکتهای توزیع (Discos) و فروشندگان جزء (LSE)

شرکتهای توزیع همان مسئولیت شرکت عرضه برق سنتی را در سمت توزیع به عهده دارند.

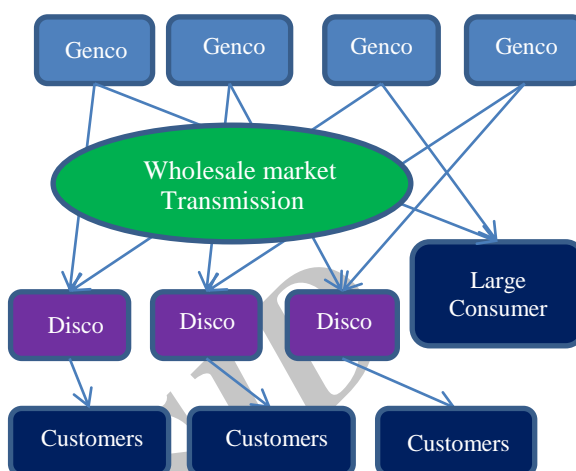
مالکین شبکه انتقال (Transmission Owners)(TO)

اپراتور مستقل (Independent System Operator)(ISO)

بورس برق (Power Exchange)(PX) [۸].

بورس بازار برق، بازار برق را اداره می کند. بازار برق امکان تطبیق عرضه و تقاضای انرژی برق را بر اساس قیمتتهای پیشنهادی فراهم می نماید.

هماهنگ کننده‌های زمانبندی (SC) (Schedule Coordinator) ها همواره با مشارکت کنندگان و بازیگران در معامله برق در ارتباط می باشند.



شکل ۱: مدل رقابت عمده فروشی [۶]

شامل روش های قیمت دهی مبتنی بر پیش بینی رفتار رقا، قیمت دهی مبتنی بر پیش بینی قیمت بازار و روش های مبتنی بر تئوری بازی و قیمت دهی مبتنی بر پیش بینی قیمت پذیرفته شده و رد شده می باشد.

برخی از مناقصه های روز قبل نیازمند پیشنهاد قیمت های پیچیده ای است که در آن همه هزینه ها و محدودیتهای تولید کننده قید شده است. در حراج های روز قبل، پیشنهاد های قیمت به گونه ای انتخاب می شود که مازاد کل به حداکثر برسد.

هر حراج با سه دسته از شرایط توصیف می گردد. قوانین پیشنهاد قیمت، قوانین پذیرش پیشنهاد قیمت و قوانین تسویه.

پیشنهاد های قیمت ارسال می گردد، تابعی از آنها کمینه و یا بیشینه می گردد و حل مساله تعیین می کند که کدام پیشنهادها پذیرفته شوند، حل مساله مجموعه ای از پیشنهاد های پذیرفته شده را تعیین می کند. یک مرحله دیگر یعنی تسویه باقی می ماند که برندگان باید پول پرداخت کنند یا به آنها پرداخت شود. حل مساله پذیرش پیشنهاد قیمت به تنهایی نحوه تسویه را تعیین نمی کند چرا که این کار مستلزم استفاده از قوانین جداگانه ای برای تعیین قیمت است. قوانین تسویه به طور خاص، عموماً در بر گیرنده پاداش ها و جریمه هایی است که نادیده گرفته می شود در حالی که نقش آنها در عملکرد مناسب بازار بسیار مهم است. در یک بازار رقابتی، پیشنهاد قیمت منعکس کننده هزینه و سود واقعی است و هدف حداکثر کردن مازاد کل می باشد. مازاد کل برابر با مجموع مازاد خالص مصرف کننده و تولید کننده و یا به عبارتی با مازاد ناخالص مصرف کننده منهای هزینه تولید برابر می باشد. در یک سیستم عاری از محدودیت می توان با تبدیل پیشنهاد های تقاضا به منحنی و پیشنهاد های عرضه به منحنی عرضه و یافتن آنها مازاد کل را بیشینه کرد.

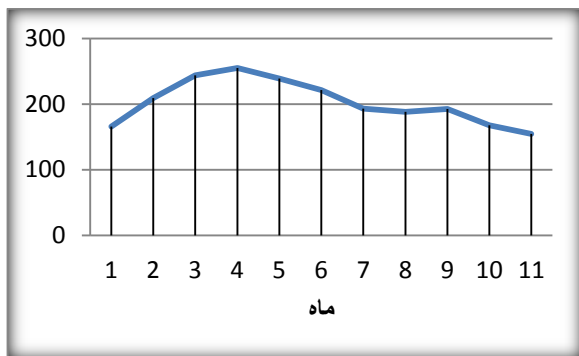
مساله پیشنهاد قیمت با توجه به نحوه حراج در بازار برق ایران که پرداخت به ازای پیشنهاد است و پروتکل پیشنهاد قیمت برای فروشندگان در ۱۰ پله به صورت زیر خواهد بود [۹]:

$$\text{Profit} = \sum_{p=1}^{NG} \left(\sum_{T=1}^m \sum_{i=1}^{nT} P_{p,i,t} - C_{p,T} \right) G_{p,i,t} U_{p,T} \quad (1)$$

$$S. T. G_{p,mim} < G_{p,i,t} < G_{p,max}$$

۹-۲- قیمت دهی در بازار برق ایران [۱۱]: یکی از وظایف مهم هر فروشنده برق ارائه پیشنهاد قیمت بهینه برق به منظور دستیابی سود بیشتر است. در بازار برق ایران شرکتهای برق منطقه ای به نمایندگی از طرف نیروگاههای تحت پوشش خود وظیفه قیمت دهی برای هر واحد نیروگاهی را در چارچوب قوانین و مقررات بازار برق ایران، با در نظر گرفتن استراتژی افزایش سود یا درآمد برعهده دارد. تعیین استراتژی قیمت دهی مساله ی اساسی مورد توجه تولید کنندگان و فروشندگان انرژی در بازار برق می باشد. بازارهای روز قبل متمرکز را می توان یک حراج دانست. در ایران قیمت دهی بر اساس ۱PAB یا بر مبنای پیشنهاد می باشد. در بدیهی ترین طرح ها قیمت های انرژی بر مبنای پیشنهاد های ساده قیمت انرژی تعیین می گردد. روش ها و مدل های مختلفی برای حل مساله قیمت دهی در فضای رقابتی صنعت برق ارائه شده که مهمترین آنها

زمانی که تقاضای برق کم است تولید کنندگان از واحدهایی که دارای حداقل هزینه نهایی تولید است استفاده می‌کنند و در تابستان یا در ساعات پیک مصرف واحدهای با هزینه نهایی بالا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمودار متوسط قیمت ماهانه برق در سال ۱۳۸۹ (شکل ۲) نشانگر این الگوی فصلی می‌باشد. نمودار بیانگر اوج قیمت در تیر ماه می‌باشد.



شکل ۲: متوسط قیمت ماهانه برق در سال ۱۳۸۹

پیش‌بینی قیمت برق در بازار رقابتی بر اساس متوسط قیمت تولید برق نیروگاههای حرارتی برق به عنوان یک کالا دارای ویژگی‌هایی است که پیش‌بینی قیمت لحظه‌ای آن را از سایر کالاها متمایز می‌سازد. عرضه و تقاضای برق همواره می‌بایست در تعادل باشد و از آن جایی که قابلیت ذخیره سازی برای این کالا محدودیت دارد و نوسانات عرضه و تقاضا نمی‌تواند به وسیله موجودی انبار هموار گردد، قیمت های برق با ناپایداری بالایی همراه است. بنابراین برق کالایی غیر قابل ذخیره سازی و کم کشش و نوسانات تقاضا موجب نوسانات شدید قیمت می‌شود. همچنین تقاضای برق به عوامل غیر قابل پیش‌بینی نظیر شرایط آب و هوایی وابسته است.

هدف این مطالعه اولاً بررسی امکان پیش‌بینی قیمت های لحظه‌ای برق در بازار ایران با در نظر گرفتن خصوصیات منحصر به فرد کالای برق است. برای ارزیابی قدرت پیش‌بینی یک مدل و مقایسه آن با دیگر مدل‌های پیشنهادی دو دوره زمانی را در نظر گرفتیم دوره زمانی ۱۳۸۸/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۸/۱۲/۲۹ که این دوره زمانی برای تخمین الگو مورد استفاده قرار می‌گیرد. دوره دوم که مقطع زمانی کنونی است و علی‌رغم اینکه اطلاعات در دسترس است اما از آن‌ها در تخمین الگو استفاده نمی‌شود و برای مقایسه سری زمانی واقعی و سری پیش‌بینی استفاده می‌شود.

در ابتدا با استفاده از آزمون ریشه واحد به بررسی مانایی سری زمانی قیمت برق می‌پردازیم. سپس از یک مدل خودرگرسیون ARMA که قیمت بازار را تابعی از مقادیر

Profit مقدار سود

$P_{p,i,t}$ قیمت پیشنهادی برای پله i ام در زمان t برای واحد p ام

$C_{p,T}$ هزینه متوسط تولید در زمان t برای واحد p ام

$G_{p,i,t}$ مقدار تولید پیشنهادی پله i ام در زمان t برای واحد p

n_T تعداد پله های پیشنهادی در زمان t

m تعداد ساعات پریرود پیشنهاد قیمت

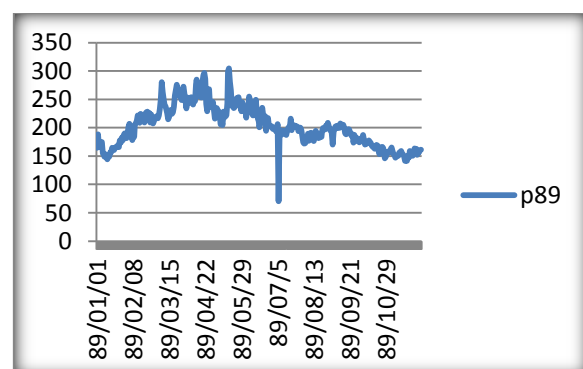
NG تعداد واحدهای تولید

$U_{p,T}$ متغیر گسسته ای که نشان دهنده ی پذیرفته شدن واحد p ام در زمان t ام می باشد

۳- پیش‌بینی قیمت برق و تحلیل آن

روند قیمت متوسط روزانه برق در سال ۱۳۸۹ [۵] حاکی از آن است که در طی سال روند قیمت دارای نوسان زیادی می‌باشد.

برق به دلیل اینکه قابلیت ذخیره سازی ندارد نوسانات تقاضا موجب نوسانات قیمت شدید برای این کالا می‌شود. تقاضای برق به عوامل غیر قابل پیش‌بینی نظیر شرایط آب و هوایی وابسته است. همین امر اثر شوکهای عرضه و تقاضا را بر قیمت بازار برق تشدید می‌نماید.



شکل ۳: متوسط قیمت روزانه برق در سال ۱۳۸۹

کالای برق در پاسخ به نوسانات دوره ای تقاضا دارای الگوی فصلی می‌باشد. تقاضای برق به میزان فعالیت‌های اقتصادی و شرایط آب و هوایی بستگی دارد و همین امر سطوح مختلفی از فصلی بودن، نظیر بین ساعتهای روز، روزهای هفته، روزهای کاری و روزهای غیرکاری و بین ماههای سال را برای این کالا ایجاد می‌نماید.

جدول ۱: آزمون دیکی فولر سری زمانی اولیه

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on P88				
Null Hypothesis: P88 has a unit root				
Exogenous: Constant, Linear trend				
Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=2)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.148017	-0.148017	0.9830	
Test critical values:				
	1% level	-5.124875		
	5% level	-3.933364		
	10% level	-3.420030		
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 11				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(P88)				
Method: Least Squares				
Date: 03/04/11 Time: 10:38				
Sample (adjusted): 1388M02 1388M12				
Included observations: 11 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
P88(-1)	-0.014956	0.101045	-0.148017	0.8860
C	8.584136	19.31726	0.444376	0.6685
@TREND(1388M01)	-0.506118	0.294507	-1.718526	0.1240
R-squared	0.805216	Mean dependent var	2.442227	
Adjusted R-squared	0.756519	S.D. dependent var	2.023785	
S.E. of regression	0.939811	Akaike info criterion	3.062099	
Sum squared resid	7.977799	Schwarz criterion	3.170616	
Log likelihood	-13.84154	Hannan-Quinn criter.	2.993694	
F-statistic	16.53552	Durbin-Watson stat	1.629336	

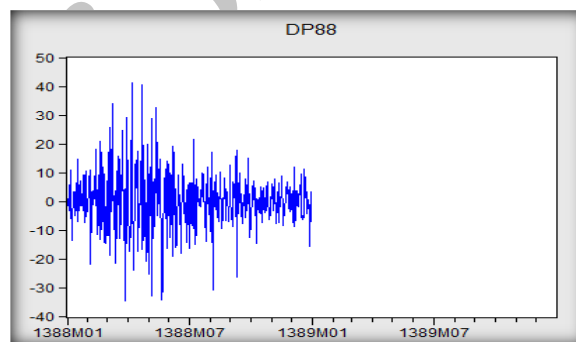
گذشته‌ی قیمت و عبارات خطای گذشته بیان می‌کند استفاده می‌شود.

فرآیند های تصادفی به دو نوع مانا و نامانا تقسیم می‌شود. یک سری زمانی در صورتی مانا است که میانگین و واریانس آن در طول زمان ثابت بماند و کوواریانس بین دو دوره زمانی دلخواه تنها به طول وقفه بین دو دوره بستگی داشته باشد. در سری های زمانی نامانا که دارای روند ثابت باشد می‌توان با ورود متغیر زمان به مدل از سری زمانی روند زدایی کرده و سری زمانی را مانا نمود. برای آزمون مانایی یک سری زمانی از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته ۲ استفاده می‌شود [۱].

جدول ۲: آزمون دیکی فولر پس از تفاضل گیری

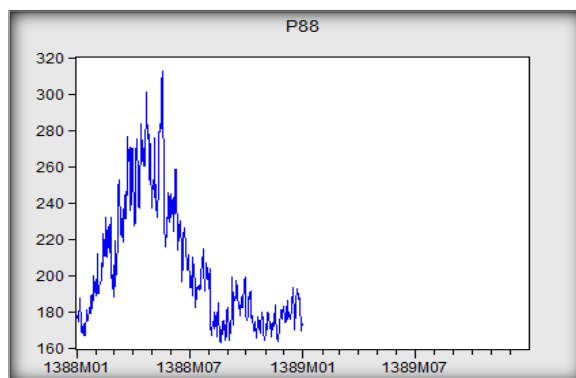
Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DP8				
Null Hypothesis: DP8 has a unit root				
Exogenous: None				
Lag Length: 4 (Automatic based on SIC, MAXLAG=16)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-12.39842	-12.39842	0.0000	
Test critical values:				
	1% level	-2.571419		
	5% level	-1.941709		
	10% level	-1.616108		
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(DP8)				
Method: Least Squares				
Date: 03/06/11 Time: 16:14				
Sample (adjusted): 1/08/1388 12/31/1388				
Included observations: 359 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DP8(-1)	-1.795025	0.144779	-12.39842	0.0000
D(DP8(-1))	0.590719	0.122856	4.808231	0.0000
D(DP8(-2))	0.526429	0.101521	5.185439	0.0000
D(DP8(-3))	0.364381	0.080739	4.513088	0.0000
D(DP8(-4))	0.146771	0.052662	2.787046	0.0056
R-squared	0.605520	Mean dependent var	-0.020476	
Adjusted R-squared	0.601063	S.D. dependent var	16.10724	
S.E. of regression	10.17357	Akaike info criterion	7.491293	
Sum squared resid	36639.55	Schwarz criterion	7.545379	
Log likelihood	-1339.687	Hannan-Quinn criter.	7.512801	
Durbin-Watson stat	2.022953			

با توجه به روند موجود در سری زمانی قیمت متوسط برق در سال ۱۳۸۸ که در شکل ۱ و آزمون دیکی فولر نیز آشکار است، سری زمانی ناماناست جدول (۱) و بنابراین از طریق تفاضل گیری سری زمانی مانا می‌شود



شکل ۴: سری زمانی اولیه

پس از تفاضل گیری و اطمینان از مانایی (جدول ۲) تفاضل متغیر قیمت برق، جهت طراحی مدل پیش‌بینی قیمت برق از مدل‌های ARMA استفاده می‌شود. مدل ARMA(2,1) با ضرایب معنی دار با استفاده از نرم افزار Eviews تخمین زده شده است در جدول ۳ نمایش داده شده است.



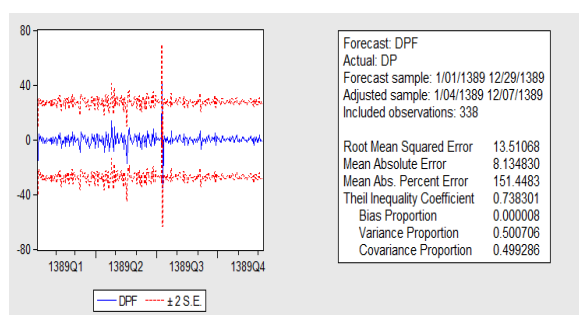
شکل ۵: سری زمانی پس از تفاضل‌گیری

جدول ۳: آزمون ضرایب معنی داری مدل ARAMA(2,1)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DPTT	-0.906474	0.025207	-35.96105	0.0000
DPT	-0.404388	0.009518	-42.48677	0.0000
DPTTT	-0.310621	0.018033	-17.22540	0.0000
AR(1)	1.013696	0.045403	22.32658	0.0000
AR(2)	-0.638419	0.044921	-14.21197	0.0000
MA(1)	0.994824	0.003202	310.6912	0.0000
R-squared	0.819935	Mean dependent var	-0.013741	
Adjusted R-squared	0.817384	S.D. dependent var	10.63599	
S.E. of regression	4.545138	Akaike info criterion	5.882565	
Sum squared resid	7292.372	Schwarz criterion	5.947467	
Log likelihood	-1049.920	Hannan-Quinn criter.	5.908374	
Durbin-Watson stat	1.755998			
Inverted AR Roots	.51+.62i	.51-.62i		
Inverted MA Roots	-.99			

دو شاخص اول نسبت به مقیاس اندازه گیری متغیر وابسته حساس هستند. هر چه خطای پیش بینی کمتر باشد مدل برای پیش بینی بیشتر خواهد بود. مقدار مصرف برای هر یک از این آماره ها نشان دهنده برازش کامل است. ضریب نابرابری تایل معیار مجذور میانگین مربع خطاها را به گونه ای تعدیل می کند که همواره بین صفر و یک باشد. لذا با استفاده از این آماره می توان قدرت پیش بینی یک مدل را به صورت مطلق نیز بررسی نمود.

با توجه به مدل ARMA تخمین زده در دوره ۱۳۸۸، این مدل را برای داده های ۱۳۸۹ نیز اجرا می کنیم نتایج شبیه هستند و آن چه از آماره های پیش بینی مدل نیز بر می آید مدل ۱۳۸۸ می تواند قیمت های ۱۳۸۹ را پیش بینی کند.



شکل ۶: پیش بینی دوره سال ۱۳۸۹

در مدل ARMA ارائه شده بخشی از جز اختلال مربوط به رابطه ای که بین متغیرهاست می شود و بخش دیگر به مواردی است که رد بیرون از مدل تعیین می شود و به عوامل پیش بینی نشده ارتباط دارد

۴- نتیجه گیری

با توجه به اینکه اینجانب در رابطه با بازار برق دارای تجربه نسبتاً خوبی می باشم طی سالها تعامل با بازار برق ایران به نکات ذیل برای بهبود وضعیت عرضه و تقاضا انرژی در بازار اشاره می نمایم.

- ۱- می بایست ساختار بازار بصورت تعامل دو طرفه رقابت فروشنده و خریدار باشد در صورتی که در حال حاضر رقابت فقط در سمت فروشنده (تولید کنندگان) وجود دارد.
- ۲- راه اندازی بورس برق مانند کشورهای پیشرفته که معاملات خرید و فروش انرژی به صورت On line با حضور نمایندگان فروشنده و خریدار صورت پذیرد.
- ۳- در حال شرکتهای برق منطقه ای به صورت یک واسطه بین بازار برق و نیروگاهها عمل می نمایند و عملاً کار

حال به بررسی چهار ویژگی های پسماندهای مدل خودرگرسیون می پردازیم. برای این منظور تأثیرپذیری واریانس پسماندهای مدل از واریانس های گذشته آن را با روش آزمون حداکثر راستمایی (LM ARCH) بررسی می کنیم. فرضیه صفر در این آزمون با صفر بودن ضریب واریانس های خطای گذشته برابری می کند که نتایج این آزمون در جدول ۴ آمده است. نتیجه آزمون LM ARCH به قبولی فرضیه صفر می انجامد

جدول ۴: آزمون واریانس پسماندهای مدل

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.044523	0.117358	8.900316	0.0000
WGT_RESID^2(-1)	-0.035674	0.052973	-0.673423	0.5011
R-squared	0.001272	Mean dependent var	1.008523	
Adjusted R-squared	0.002222	S.D. dependent var	1.975247	
S.E. of regression	1.976760	Akaike info criterion	4.206367	
Sum squared resid	1391.099	Schwarz criterion	4.228046	
Log likelihood	-750.9396	Hannan-Quinn criter.	4.214988	
F-statistic	0.453499	Durbin-Watson stat	1.994698	
Prob(F-statistic)	0.501115			

آماره های مختلفی جهت ارزیابی عملکرد الگوهای پیش بینی در دوره ۱۳۸۹ مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس این آماره ها میزان نزدیکی متغیر پیش بینی به سری واقعی اندازه گیری می شود. آماره های خطای پیش بینی که در این مطالعه برای ارزیابی عملکرد پیش بینی مدل ارائه شده مورد بررسی قرار می گیرند عبارتند از: مجذور میانگین مربع خطاها (RMSE)، میانگین قدر مطلق خطای پیش بینی (MAD) میانگین قدر مطلق درصد خطای پیش بینی (AMPE) و ضریب نابرابری تایل (TIC) [۱].

پیشنهاد قیمت و ارسال صورت وضعیتهای مالی و همچنین پرداخت به تولید کنندگان بر عهده این شرکت (برق منطقه ای) می باشد که می بایست جهت اعمال قیمت‌های منطقی و صحیح و کوتاه شدن فرآیند مالی این واسطه گری حذف گردد.

۵- منابع

- [۱] آئین نامه تعیین روش، نرخ و شرایط خرید و فروش برق در شبکه برق کشور
- [۲] شرکت مدیریت برق ایران، گزارشات هفتگی
- [۳] <http://www.igmc.ir/pmt/?i=VmkHMARjXGIbagYw>
- [۴] عبادی، جعفر (۱۳۸۵). "مباحثی در اقتصاد خرد (بازار ها، تعادل عمومی)", تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت).
- [۵] وبسایت وزارت نیرو، هیأت تنظیم بازار برق (۱۳۸۴)، "تعیین شرایط خرید و فروش برق در شبکه کشور"
<http://regulatory.moe.org.ir/HomePage.aspx?TabID=3980&Site=DouranPortal&Lang=fa-IR>
- [۶] وب سایت شرکت مدیریت شبکه برق ایران
- [۷] وب سایت شرکت توانیر <http://tavanir.org.ir>
- [۸] نشریه داخلی بازار برق ایران شماره ۱ بهمن ۱۳۸۳
- [۹] Murray, f., 1996 forecasting methodologies for electricity supply system Dublin ph.D thesis, school of electricity engineering Dublin , Irland
- [۱۰] کمیته سازی هزینه خرید برق با اعمال الگوریتم کاربردی - دفتر بازار برق خراسان
- [۱۱] مقاله نحوه قیمت دهی در بازار برق - خانم زهرا صادقی کارشناسی ارشد - دانشگاه علامه طباطبائی