



نقش بانکداری اینترنتی در تسهیل مبادلات بازار خرید و فروش برق

مسعود رشیدی نژاد *

سعید سریزدی **

* عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی برق دانشگاه شهید باهنر کرمان و مرکز تکنولوژی اطلاعات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
** عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی برق دانشگاه شهید باهنر کرمان، مرکز علوم و تکنولوژی پیشرفته ماهان.

چکیده

برقراری تعادل زمان واقعی در عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی امری اجتناب‌ناپذیر است. خرید و فروش انرژی الکتریکی در بازار زمان واقعی اهمیت بسیار زیادی دارد. به دلیل حساسیت بالای مبادلات این نوع انرژی وجود بازارهای مکمل ضروری است. بازار مبادله دو جانبه از نوع پیش فروش، قرارداد اختیار، بازار زمان واقعی و... همگی به طور کل برقراری تعادل اقتصادی این کالا را تضمین می‌کنند. حجم زیاد مبادلات پولی در این بازارها و نیز لزوم رعایت عوامل فنی و اقتصادی یک سیستم بانکداری فعال اینترنتی را می‌طلبد. سیستم بانکداری اینترنتی به لحاظ کارایی موثری که دارد، می‌تواند حجم زیاد این گونه معاملات را سامان بخشد. با به کارگیری سیستم بانکداری اینترنتی امکان دسترسی آزاد به اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری اقتصادی در عرضه و تقاضای این کالا و نیز در برقراری تعادل اقتصادی آن نقش به‌سزایی دارد. این مقاله در خصوص ضرورت و چگونگی به کارگیری بانکداری اینترنتی در مبادلات برق به عنوان یک کالای غیر قابل ذخیره بحث می‌کند. مکانیزم‌های پیاده‌سازی بانکداری اینترنتی و بررسی راه کار کلی مربوط به آن نیز به اختصار ارئه خواهد شد.

واژه های کلیدی: بازار برق، بانکداری اینترنتی، مبادلات دوجانبه، تجدید ساختار.

۱- مقدمه

صنعت برق در دنیا و منجمله در ایران در فرآیند تجدید ساختار است. خرید و فروش انرژی الکتریکی در شرایط جدید از طریق بازار برق صورت می پذیرد. وجود یک سیستم فعال و سیال بانکی در این خصوص از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انجام معاملات زمان واقعی^۱ بدون حضور یک سیستم فعال و سریع بانکی تقریباً غیر ممکن به نظر میرسد. انجام مبادلات انرژی الکتریکی در قالب قراردادهای مالی^۲ در حضور یک سیستم بانکی روان و فعال با سهولت امکان پذیر خواهد بود. قراردادهای خاص رایج در مبادلات مالی و پولی از جمله قراردادهای آتی^۳، سلف^۴ و اختیار انجام معامله^۵ در معاملات بازار برق نیز قابل تعمیم بوده که از طریق سیستم بانکی اینترنتی قابل اجرا است.

میزان زیاد مبادلات انرژی الکتریکی هم از نظر فیزیکی و هم از نظر اقتصادی و مالی حائز اهمیت است. وجود یک سیستم بانکی اینترنتی حاوی اطلاعات زمان واقعی در خصوص حجم ریالی معاملات انرژی الکتریکی سبب میشود که این بازار موثرتر عمل کند و در نهایت بهره‌وری اقتصادی بخش انرژی، به طور نسبی بهبود یابد. ضرورت وجود چنین سیستم بانکی روانی که موجب تسهیل و نیز سرعت و دقت انجام معاملات بازار برق می‌شود، امری اجتناب‌ناپذیر است. ارتباط این سیستم بانکی با پایگاه داده بخش انرژی به همراه اطلاعات مربوط به قیمت‌های لحظه‌ای و محلی برق در بخش‌های مختلف اقتصادی نیز قابل تأمل خواهد بود.

این مقاله به بررسی ضرورت وجودی سیستم بانکی اینترنتی در حضور بازار برق و افزایش راندمان اقتصادی ناشی از این سیستم خواهد پرداخت. ابتدا اشاره‌ای به انواع بازارهای

^۱ real-time

^۲ financial contracts

^۳ futures contracts

^۴ forward contracts

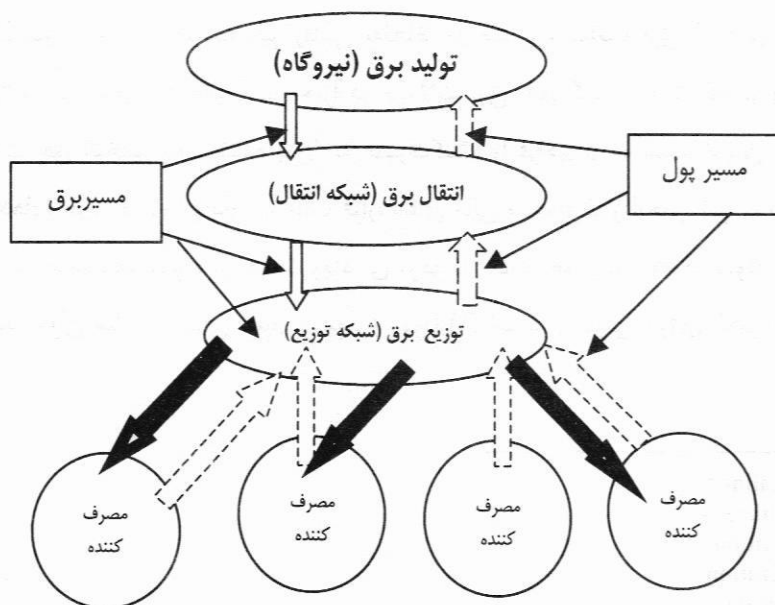
^۵ option contracts

برق نموده و سپس فرایند تجدید ساختار و لزوم وجود یک سیستم بانکداری پویا را مورد بحث قرار می‌دهد. انواع قراردادهای مبادله انرژی و امکان عقد آن‌ها به کمک سیستم فعال بانکی اینترنتی نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲- مروری بر فرایند خرید و فروش برق

از سال ۱۹۹۰ میلادی در کشور انگلستان و سپس در سایر کشورهای توسعه‌یافته تأمین انرژی الکتریکی از مکانیزم تجمع عمودی^۱ طبق نمودار ۱ به تدریج در حال سپری کردن مراحل تجدید ساختار است.

نمودار (۱): سیستم خرید و فروش برق به روش تجمع عمودی



^۱ vertically integrated

فرآیند تجدید ساختار در صنعت برق در سرتاسر جهان رو به گسترش و فراگیر شدن است. تحقق امر تجدید ساختار در این صنعت طی یک فرآیند چهار مرحله‌ای تکامل خواهد یافت. این مراحل به ترتیب اولویت عبارتند از:

- جدا سازی فعالیت ها از یکدیگر^۱

- باز نگری در مقررات^۲

- ایجاد محیط رقابتی^۳

- خصوصی سازی^۴

با یک بازنگری ساده سیستم حاکم بر مبادلات انرژی الکتریکی را می‌توان به‌صورت زیر در نظر گرفت:

با توسعه بازار برق در سراسر جهان و ایجاد محیط رقابتی برای تولید^۵، توزیع^۶ و باقی‌گذاشتن انتقال^۷ به‌صورت غیر رقابتی به‌لحاظ طبیعت آن، صنعت برق گام‌های پرشتابی برمی‌دارد. قراردادهای دوجانبه^۸ نیز اخیراً در مبادلات برق رایج گردیده است که در واقع این تحولات حق انتخاب تامین‌کننده برق^۹ به مصرف‌کننده را فراهم آورده است. تدوین مجموعه قراردادهای خرید و فروش برق در قالب قراردادهای مالی منجمله قراردادهای آتی^{۱۰}، سلف^{۱۱} و اختیار انجام معامله، امروزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همان‌طور که در نمودار (۲) دیده می‌شود میزان مبادلات پولی بسیار وسیع‌تر از نمودار (۱) است. از طرفی انرژی الکتریکی قابل

¹ unbundling

² re-regulation

³ competition

⁴ privatization

⁵ generation

⁶ distribution

⁷ transmission

⁸ bilateral contracts

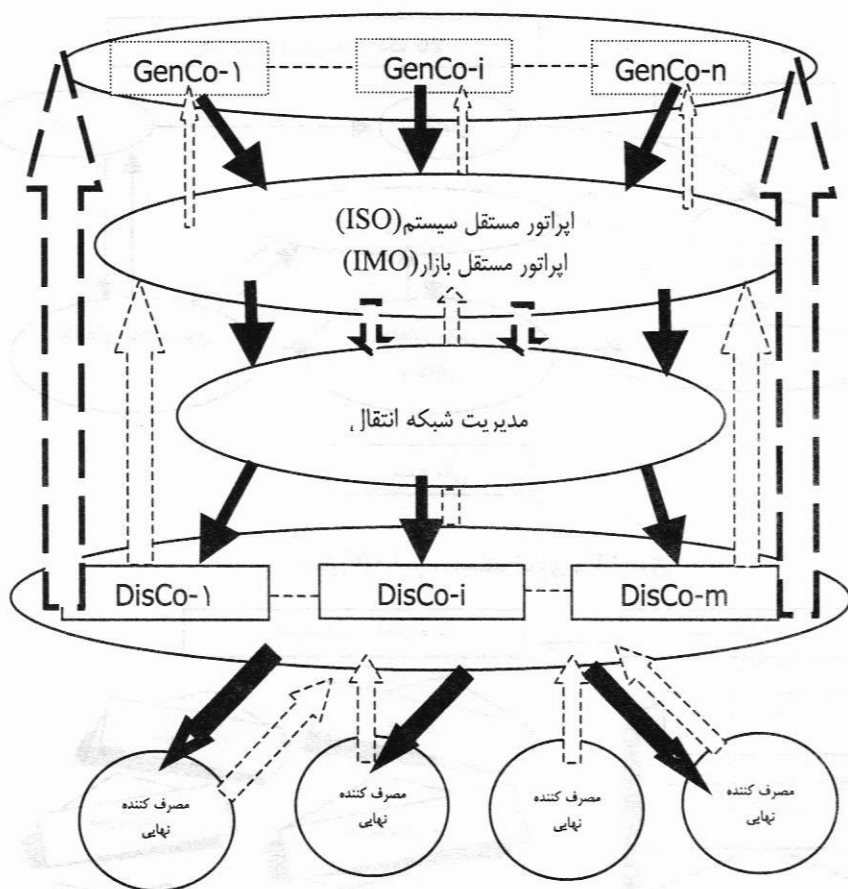
⁹ electricity choice

¹⁰ futures contracts

¹¹ forward contracts

ذخیره کردن نیست و بایستی به محض تولید شدن مصرف شود و ضرورت مصرف بلادرنگ تولید^۱ بر آن حاکم است. از طرفی برقراری تعادل عرضه و تقاضا این کالا منوط به حداقل دو بازار است؛ بازار قراردادهای دو جانبه^۲ و بازار تعادلی^۳ و طبعاً با حجم زیاد مبادلات پولی در این بازارها سرعت عملیات بانکی از اهمیت خاصی برخوردار است.

نمودار (۲): مکانیزم خرید و فروش دوجانبه و ائتلاف مدار^۴



^۱ real time generation-Consumption

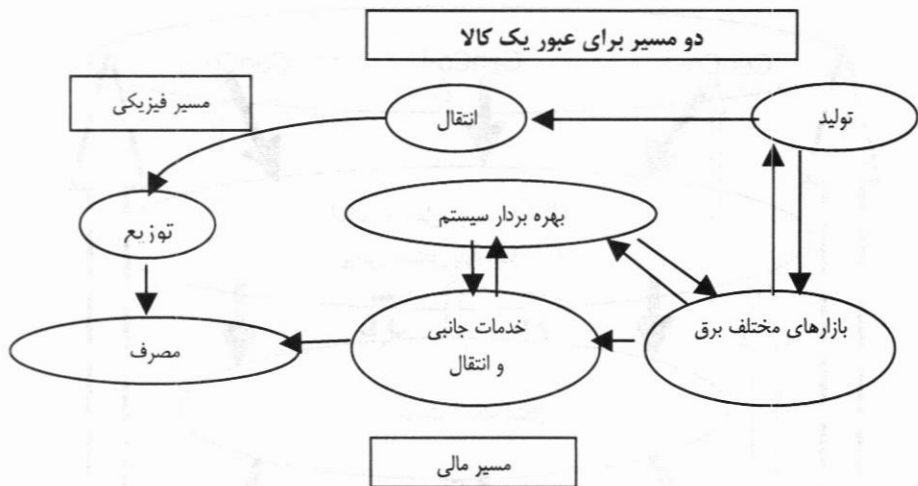
^۲ bilateral market

^۳ balancing market

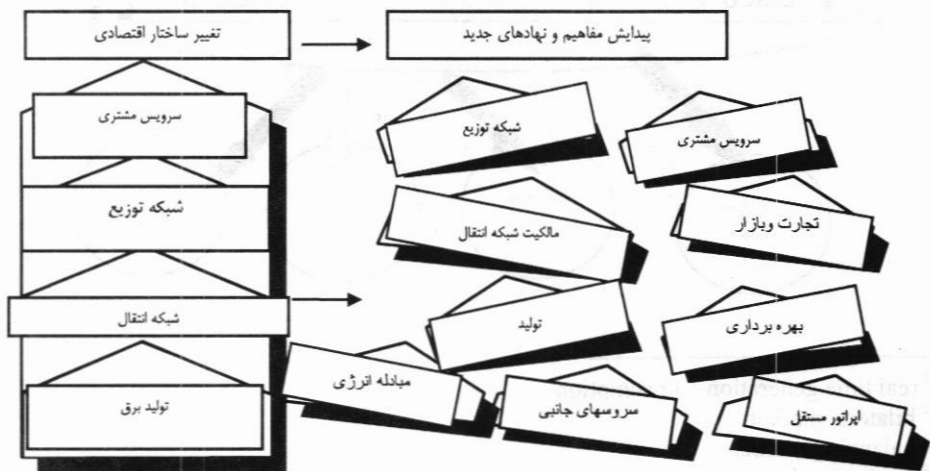
^۴ pool- based

چنانچه نمودار (۳) نشان می‌دهد، برای این کالا دو مسیر می‌تواند در نظر گرفته شود؛ مسیر فیزیکی برای انتقال الکتریسیته و مسیر مالی برای انتقال پول. مناسب‌ترین مسیر برای انتقال الکتریسیته، شبکه انتقال انرژی الکتریکی و نیز مناسب‌ترین مسیر برای انتقال پول، شبکه بانکی اینترنتی در نظر گرفته می‌شود.

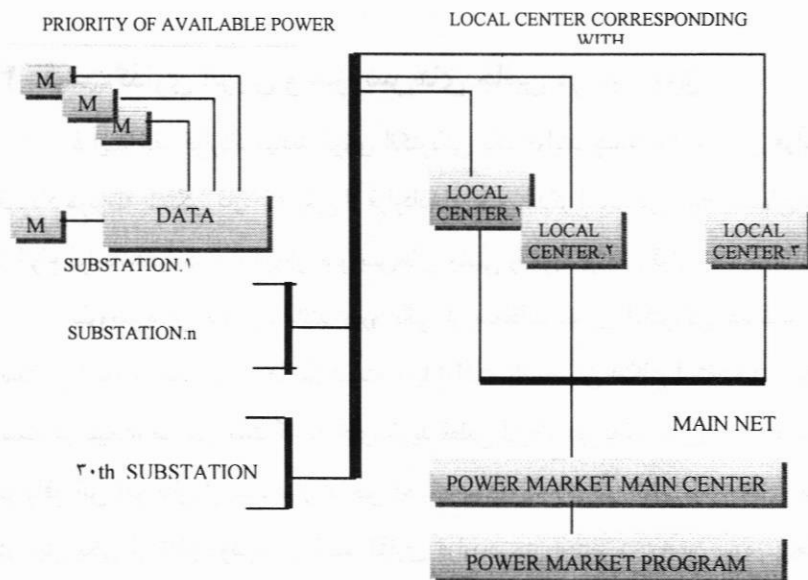
نمودار (۳): مسیر های فیزیکی و پولی خرید و فروش برق



نمودار (۴): اجزاء سیستم انرژی و بازار برق



نمودار (۵): مبادله انرژی الکتریکی



۳- انواع بازار برق و قراردادهای الکتریسیته

انرژی الکتریکی به همراه سرویس‌های جانبی برای تولید و مصرف برق مطمئن، امن و با کیفیت قابل قبول در بازارهای گوناگونی مبادله می‌شود. منظور از تنوع این بازارها وجود انواع قراردادهای نوعی عبارتند از: قراردادهای دوجانبه، بازار آینده، بازار پیش‌فروش، بازار روزانه^۱، بازار ساعتی^۲، بازار تعادل، بازار خدمات جانبی^۳، و بازار ظرفیت^۴.

^۱ day-ahead market

^۲ hour-ahead market

^۳ ancillary services market

^۴ capacity market

همان‌گونه که انتظار می‌رود این بازارها مکمل یکدیگر بوده و در مجموع ضامن تعادل، قابلیت اطمینان، امنیت و نیز کیفیت لازم هستند. با عنایت به این امر، می‌توان گفت که برقراری هم‌زمان موارد فوق به جز از طریق یک سیستم بانکی زمان واقعی نیست.

۴- قیمت‌گذاری انرژی و سرویس‌های جانبی در بازار برق

فرآیند عقد قرارداد مبادله انرژی الکتریکی یک فرایند چندگانه است. این فرآیند به نوع قرارداد مربوطه بستگی دارد که یکی از قراردادهای فوق الذکر است. در اینجا به‌عنوان نمونه یکی از انواع قراردادهای خرید و فروش سرویس‌های جانبی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. سرویس‌های جانبی همانند رزرو یکی از ملحقات انرژی الکتریکی هستند، که ممکن است در آینده سیستم به آن‌ها نیاز داشته و یا نداشته باشد. پس امکان استفاده از آن‌ها محتمل است. در نتیجه، منطقی است که به جای خرید قطعی آن‌ها، حق به‌کارگیری آن‌ها خریداری شود. در واقع این امر بیان‌گر عقد قرارداد حق اختیار است، که یکی از انواع قراردادهای مالی است. در ذیل یکی از انواع روش‌های قیمت‌گذاری قرارداد حق اختیار در بخش سرویس‌های جانبی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

قیمت‌گذاری به روش شبیه‌سازی مونت کارلو

در مواردی که نتوان از روش‌های تحلیلی برای محاسبه قیمت استفاده کرد، روش شبیه‌سازی مونت کارلو را می‌توان مورد استفاده قرار داد. در این تکنیک عوامل غیرقطعی و تصادفی نظیر تغییرات تقاضای برق، قیمت نهاده‌های تولید و مواردی از این قبیل قابل مدل‌سازی خواهند بود. به دلیل ویژگی منحصر بفرد انرژی الکتریکی، قراردادهای اختیار استاندارد جواب‌گو نبوده و عموماً قرارداد اختیار ویژه^۱ برای آن‌ها تعریف می‌شود. این ویژگی از عدم امکان ذخیره این نوع انرژی و یا به بیانی مصرف هم‌زمان با تولید آن است. برای مثال در قرارداد اختیار نوع اروپایی جهت حق احضار^۲ برای رزرو، در صورتی که مبلغ قابل پرداخت به ازاء هر مگاوات در

^۱ exotic option contract

^۲ call option

فرض شود، این مبلغ در زمان کنونی عبارت خواهد بود از $C_{T,j}$ ، زمان مورد نظر

$$C_{0,j} = e^{-r(T-t)} C_{T,j}.$$

اگر تعداد دفعات شبیه سازی M مرتبه باشد، متوسط ارزش مزبور عبارت است از:

$$\bar{C}_0 = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M C_{0,j}$$

که $\bar{C}_0$ بیانگر ارزش متوسط واقعی C_0 است. اندازه خطای استاندارد مربوط به این

شبیه سازی عبارت است از:

$$SE(\bar{C}_0) = \frac{SD(C_{j,0})}{\sqrt{M}} \quad \text{که} \quad SD(C_{j,0}) = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (C_{j,0} - \bar{C}_0)^2}$$

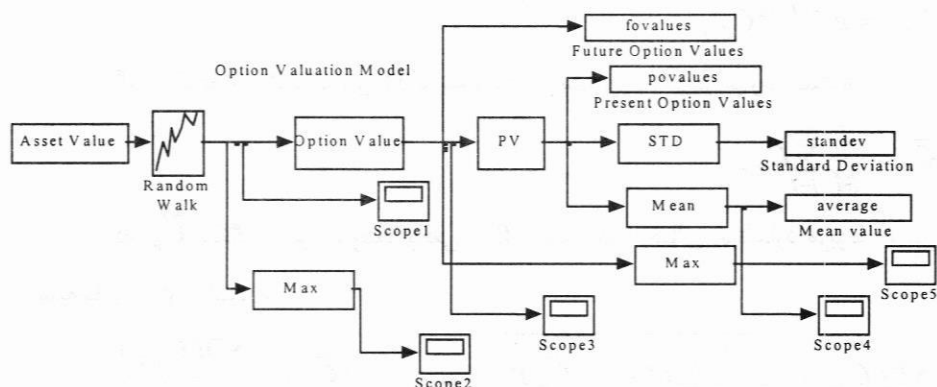
ارزش این اختیار با اعمال رابطه زیر با تکنیک مونت کارلو قابل محاسبه است:

$$\bar{C}_{0-Call} = e^{-r(T-t)} \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \text{Max}(0, S_{t,j} - K)$$

در مثال عددی زیر مقادیر داده شده برای اجرای روش مونت کارلو استفاده می شوند:

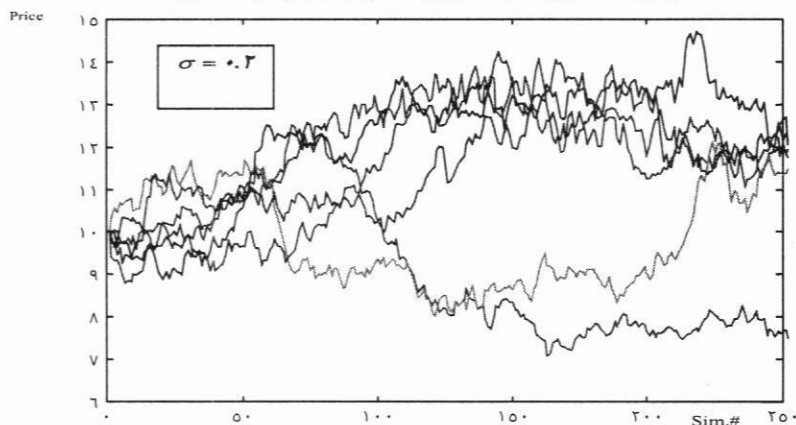
قیمت نقطه ای ظرفیت رزرو $S = £10/MW$ با قیمت توافقی $K = £11/MW$ و نرخ بهره $r = 0.05$ و تعداد دفعات شبیه سازی $M = 250$ ، و زمان اختتام $T-t = 1 \text{ month}$. با این اعداد و با فرض دو عدد برای انحراف معیار قیمت نتایج زیر گرفته شده است.

نمودار (۶): نمودار بلوکی تکنیک مونت کارلو

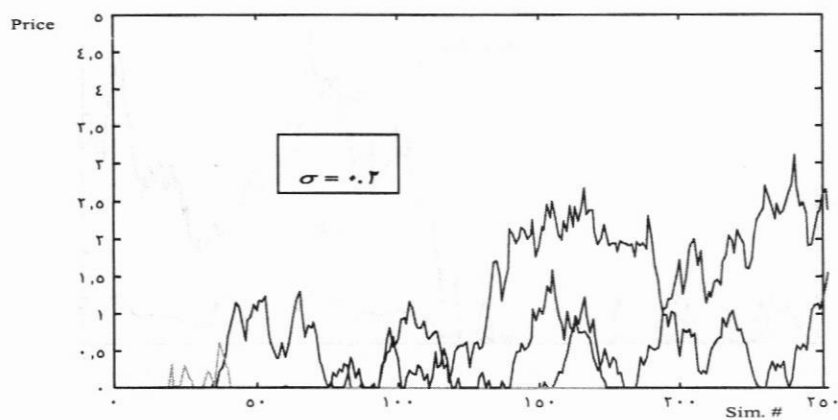


نمودار بلوکی روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو در نمودار (۶) نشان داده شده است که براساس آن فرآیند شبیه‌سازی انجام و نتایج حاصله در نمودارهای (۷) و (۸) در خصوص تغییرات قیمت قرارداد اختیار رزرو منعکس گردیده است. نمودارهای (۹) و (۱۰) تغییرات متوسط قیمت قرارداد اختیار رزرو را تحت شرایط متفاوتی نشان می‌دهد. براساس این نمودارها می‌توان نتیجه گرفت که هرچه میزان تغییرات قیمت و نیز فراریت^۱ آن بیشتر باشد، قیمت حق اختیار آن نیز بیشتر خواهد بود.

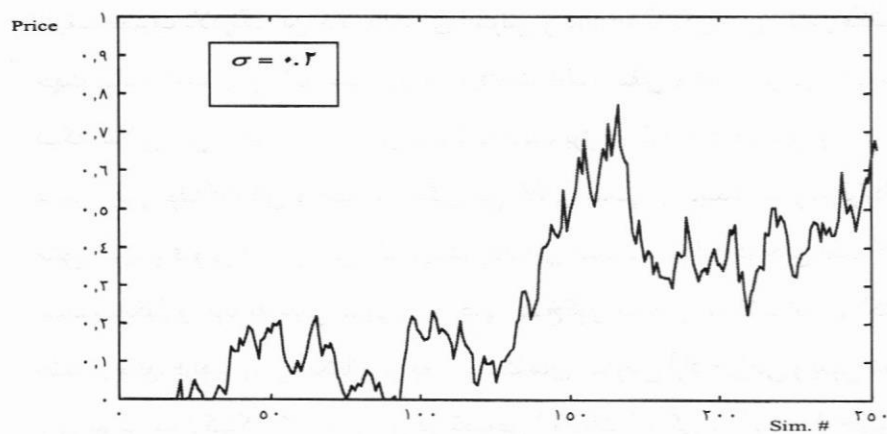
نمودار (۷): تغییرات قیمت رزرو حاصل از اجرای مونت کارلو

^۱ volatility

نمودار (۸): تغییرات قیمت حق اختیار رزرو حاصل از مونت کارلو

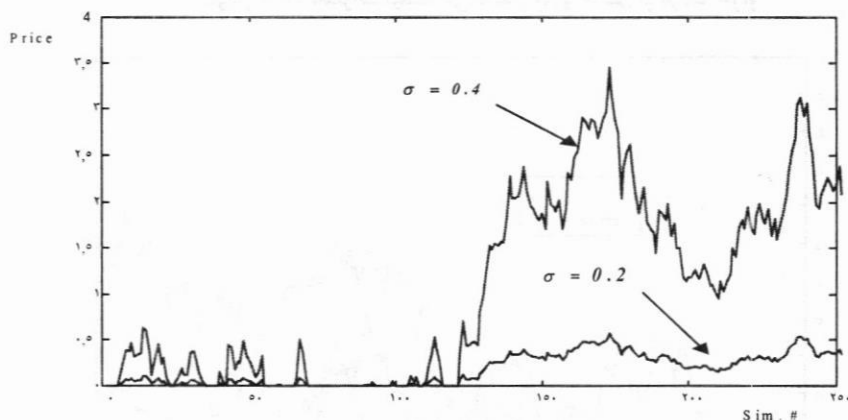


نمودار (۹): تغییرات متوسط قیمت حق اختیار رزرو حاصل از مونت کارلو



نمودار (۱۰): تغییرات متوسط قیمت حق اختیار رزرو حاصل از مونت کارلو برای دو مقدار

$$\sigma = 0.2 \text{ و } \sigma = 0.4$$



۵- بانکداری اینترنتی و تأثیر آن بر سرعت و دقت مبادلات انرژی

بنا به ضرورت انجام معاملات گوناگون و متنوع در خرید و فروش برق و با عنایت به طبیعت مصرف بلادرنگ این کالا، بانکداری اینترنتی و On-Line یکی از مؤثرترین مکانیزمها جهت مبادله است. وجود اطلاعات مربوط به قابلیت تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی در شبکه اطلاع‌رسانی به‌هم پیوسته آماری مربوط به قیمت برق در گذشته (نزدیک و دور)، در اختیار داشتن رفتار تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان این کالای اساسی و طبیعت متفاوت قراردادهای متنوع خرید و فروش آن، در توان یک سیستم بانکداری ایستا نیست. این در حالی است که یک سیستم بانکداری پویا به خوبی می‌تواند به خوبی پاسخ‌گوی نیازهای مبادلات انرژی الکتریکی باشد. در واقع، فراهم آوردن امکاناتی از جمله سیستم‌های دسترسی آزاد هم‌زمان و بدون تبعیض^۱ برای تمامی مشارکت‌کنندگان بازار برق در خصوص اطلاعات فیزیکی و مالی جز از طریق یک سیستم بانکداری اینترنتی میسر نیست. به‌عنوان مثال، مبادله برق از طریق قراردادهای مالی پیش فروش آینده^۲ نوعاً به‌گونه‌ای است که ضرورتاً تحویل فیزیکی کالا مد نظر نیست؛ البته تا

^۱ open access same-time information systems (OASLYS)

^۲ financial futures contracts (FFC)

زمانی که اطلاع قبلی برای تحویل انرژی الکتریکی^۱ داده شود. مثلاً چند مگاوات برق با قیمت توافقی خریداری می‌شود، اما محل و زمان تحویل آن معین نمی‌شود؛ تا این که مجدداً محل تحویل کالا و زمان تحویل آن اعلام گردد. در حقیقت این قرارداد یک سند ارزش‌مند است که می‌تواند در بازار معاملات اسناد ارزش‌مند به دفعات مبادله شود و نهایتاً در صورت لزوم برای تحویل اقدام گردد. این فرآیند مشابه عملیات بازار بورس است که از طریق اینترنت مدیریت می‌شود. و مراجعات مشارکت‌کنندگان در بازار را به حداقل میزان ممکن کاهش می‌دهد که مزیتی بزرگ است. علاوه بر این، در سطح خرده‌فروشی وجود تعداد زیاد تغذیه‌کننده مصارف متنوع انرژی الکتریکی (خانگی، کشاورزی، صنعتی، تجاری و عمومی) و جو رقابتی حاکم بر آن بازار لزوم، سیستم بانکداری پویا را توصیه می‌کند. ارسال قبض‌های دریافت و پرداخت بهای انرژی از طریق حساب جاری و یا سایر حساب‌هایی که امکان انجام این‌گونه عملیات را فراهم آورند به کمک بانکداری اینترنتی و درخواست تقسیط از طرف کاربر مجاز، همگی از امکانات این‌گونه عملیات بانکی هستند.

نمودار (۱۱) حضور بانک اینترنتی را در برقراری بازار پویای انرژی نشان می‌دهد. انرژی الکتریکی و سرویس‌های جانبی آن (ظرفیت رزرو، خدمات پشتیبانی انرژی و...) در دو بازار مکمل عرضه می‌شوند. خریدار و فروشنده بصورت همزمان انرژی را از بازار انرژی و سرویس‌های جانبی را از بازار سرویس‌های جانبی خریداری می‌کنند. به علت محدودیت‌های انتقال انرژی، گاهی مواقع ممکن است فروشنده نتواند انرژی تولیدی خود را به خریدار تحویل دهد که در این حالت وجود یک قرارداد مکمل تعویضی^۲، لازم است. تمامی این قراردادها از طریق عملیات بانکی پویا قابل انجام بوده و با امکاناتی که سیستم بانکداری اینترنتی در اختیار کاربر قرار می‌دهد به سرعت قابل انجام و نیز قابل تجدید و بازنگری می‌باشند.

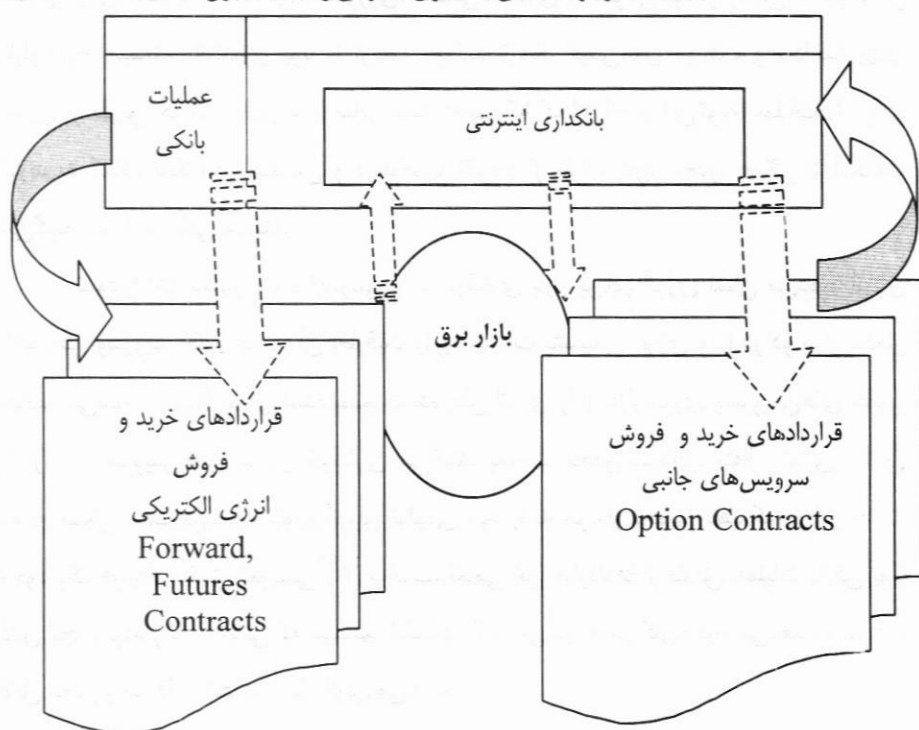
نمودارهای (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) ارتباطات اجزاء یک سیستم خرید و فروش برق در حضور بانکداری اینترنتی را نشان می‌دهند. همان‌طور که از نمودارهای فوق مشخص است، وجود یک

^۱ notice advance

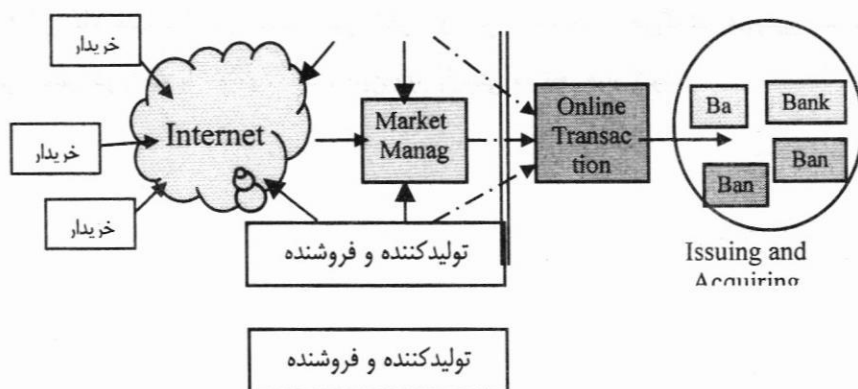
^۲ swap

سیستم پویای بانکی موجبات تسهیل مبادلات انرژی الکتریکی می‌گردد. در واقع، سرعت عملیات در این گونه فرآیندها به امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری بستگی دارد که با توسعه روزافزون سیستم‌های کامپیوتری تطابق خواهد یافت. مسأله مهم دیگری که نباید نادیده گرفته شود، امنیت سیستم است. این مسأله به‌طور هماهنگ با پیشرفت و توسعه بانکداری اینترنتی رو به گسترش است. مدیریت عملیاتی بازار برق برای مبادله انرژی الکتریکی از طریق اجرای این گونه مکانیزم‌ها بهبود یافته و از صرف هزینه‌های گزاف گردش عملیات فیزیکی و حضوری جلوگیری خواهد شد.

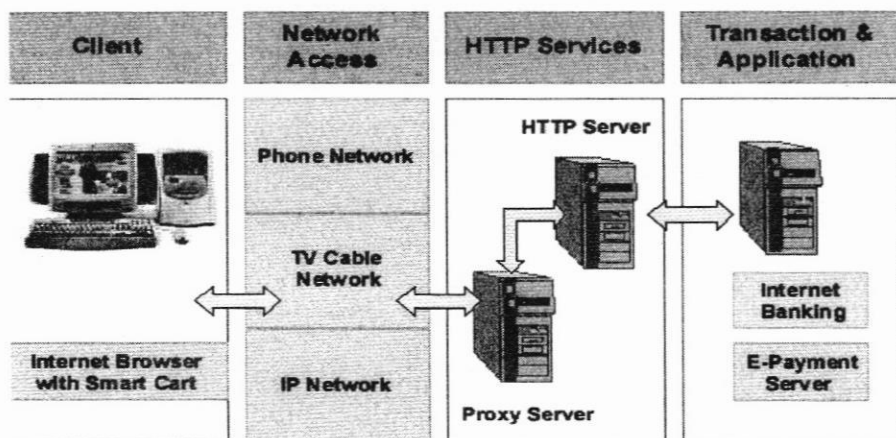
شکل ۱۱: نمودار شماتیکی بانکداری اینترنتی و مبادلات برق



شکل (۱۲): نمودار ارتباط اینترنتی خریداران عمده برق



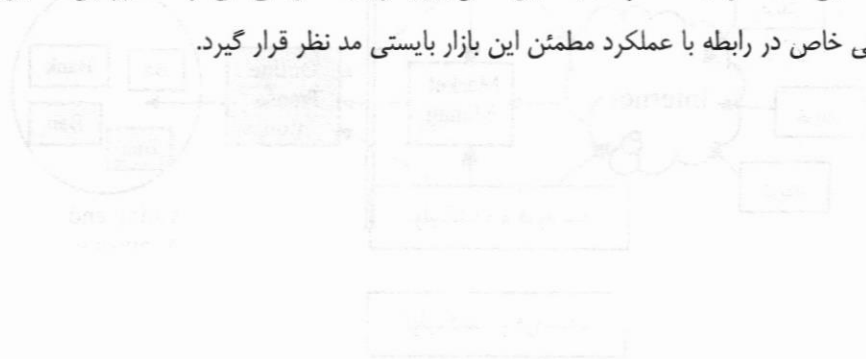
شکل (۱۳): نمودار واقعی بانکداری اینترنتی و مبادلات برق



۶- نتیجه گیری

خرید و فروش انرژی الکتریکی در سطح تولید و بصورت عمده فروشی در سرتاسر جهان و اخیراً در ایران از طریق بازار برق انجام می‌شود. شرایط خاص فیزیکی حاکم بر این کالا، امر مبادله این کالا را پیچیده می‌کند. دسترسی آزاد به اطلاعات بازار از طریق سیستم اینترنت امکان این مبادله را آسان تر میکند. وجود یک سیستم بانکداری اینترنتی به همراه ایجاد پایگاه داده‌های

مربوط، سهولت معاملات برق را تضمین می‌کند. روابط حاکم بر تجارت الکترونیک بر فرآیند مبادله این کالا مترتب است و سبب سیال شدن بازار انرژی الکتریکی می‌گردد. همچنین مسایل امنیتی خاص در رابطه با عملکرد مطمئن این بازار بایستی مد نظر قرار گیرد.



فرآیند مبادله انرژی الکتریکی (بر اساس مدل پیشنهادی)



۴-۱-۱- روش پیشنهادی

در این روش پیشنهادی، برای تعیین ظرفیت مبادله، ابتدا ظرفیت تولید و مصرف تعیین می‌شود. سپس، با استفاده از مدل پیشنهادی، ظرفیت مبادله تعیین می‌گردد. در ادامه، با استفاده از مدل پیشنهادی، ظرفیت توزیع و انتقال تعیین می‌گردد. در نهایت، با استفاده از مدل پیشنهادی، ظرفیت مبادله تعیین می‌گردد. این روش پیشنهادی، با استفاده از مدل پیشنهادی، امکان تعیین ظرفیت مبادله را فراهم می‌کند.

منابع و مأخذ

- A. Mousavi and M. Rashidi-Nejad, (2004) "*An Introduction to E&M Commerce*", Under Publication.
- D. Murry, (2001) "*Electric Energy Deregulation Experiences and Some Lessons for Oklahoma*", Published in State Policy & Economic Development, Oklahoma City, pp.81-94.
- Hong Chen Claudio A., "*Ca~nizares Ajit Singh, Web-based Computing for Power System Applications*", University of Waterloo, Canada N2L 3G1.
- J.C. Hull, (2000) "*Options, Futures, & Other Derivatives*", Prentice-Hall International, Inc.
- L.Clewlow and C. Strickland, (1998) "*Implementing Derivatives Models*", John Wiley & Sons.
- M. Rashidi-Nejad and Y. H. Song, (2003) "*Chapter 9 of Market Oriented of Power Systems*".
- M. V. F. Pereira, M. F. McCoy and H. M. Merrill, (2000) "*Managing Risk in the New Power Business*", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 13, No. 2, pp.18-24.
- S-J Deng, B. Johnson, and A. Sogomonian, (2001) "*Exotic electricity options and the valuation of electricity generation and transmission assets, Decision Support Systems*", Vol. 30, pp. 383-392.
- Tony Rollo and ASMA, (2000) "*Sizing E-Commerce For ACOSM*".
- "*Understanding the Business Markets, Chapter 6 International Web Marketing*", (2001) McGraw-Hill Australia A Practical Approach 4th ed.
- UNICOM, Unicom Seminars Limited, (1999) "*Modelling Derivative Products for the Energy Industry*", London.