



دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت

بهینه سازی سبد تولید سبز با ریسک محدود برای
خرده فروش در بازار خرده فروشی برق با در نظر
گرفتن قیمت گذاری زمان واقعی

دانشجو: آرمان حسن پور

استاد راهنما: آقای دکتر رضا کی پور

اسفند ۱۳۹۰

الحمد لله
البرحمين!

بهینه سازی سبد تولید سبز با ریسک محدود برای
خرده فروش در بازار خرده فروشی برق با در نظر
گرفتن قیمت گذاری زمان واقعی

چکیده

خرده فروش برای خرید انرژی مورد نیاز جهت عرضه به مشتریان خود با استفاده از انرژی باد و خورشید با عدم قطعیت تولید در انرژی باد و خورشید مواجه است. همچنین به علت نوسانات زیاد قیمت برق در بازار لحظه‌ای برای خرید انرژی با عدم قطعیت دیگری نیز روبرو است. به منظور کاهش ریسک ناشی از تولید باد و خورشید بخشی از نیاز به انرژی از طریق قرارداد پیش خرید تامین می‌شود. در ضمن برای فروش انرژی به مشتریان از قیمت گذاری شاخص و بلوک بهره گرفته می‌شود. از آنجایی که بخشی از فروش انرژی در این نوع قیمت گذاری بصورت زمان واقعی است، خرده فروش می‌بایست حساسیت مصرف کننده را نسبت به قیمت بازار لحظه‌ای در نظر بگیرد. خرده فروش با هدف حداکثر سازی سود خود باید میزان فروش انرژی و همچنین قیمت مرتبط آن را در ابتدای دوره مورد بررسی مشخص نماید. به منظور فائق آمدن بر مسائل فوق، از مدل برنامه ریزی تصادفی عدد صحیح برای مدل سازی مساله‌ای که خرده فروش با آن مواجه است استفاده می‌شود. در ضمن از مدل سری‌های زمانی برای تولید سناریو جهت مدل سازی عدم قطعیت مربوط به انرژی خورشیدی و قیمت بازار لحظه‌ای استفاده شده است. به منظور مدل کردن عدم قطعیت مرتبط با انرژی بادی از روش مونت کارلو برای تولید سناریو بهره گرفته شده است. همچنین به منظور مدیریت ریسک، روش ارزش در خطر مشروط بکار گرفته شده است.

کلید واژگان: برنامه ریزی تصادفی، مدیریت ریسک، قیمت گذاری شاخص و بلوک، کاهش سناریو،

حساسیت

فهرست مطالب

۱	فصل اول: مقدمه
۶	فصل دوم: بازار برق و خرده فروشی
۷	۱-۲ بازار برق
۷	۱-۱-۲ بازیگران بازار
۸	۲-۲ بازار لحظه ای
۹	۳-۲ مدل های بازار
۹	۱-۳-۲ مدل انحصار کامل
۱۰	۲-۳-۲ رقابت در تولید
۱۱	۳-۳-۲ رقابت در بازار کلان
۱۱	۴-۳-۲ رقابت خرد
۱۳	۴-۲ قیمت گذاری بهینه در بازار خرده فروشی
۱۳	۱-۴-۲ قیمت گذاری از پیش تعیین شده
۱۴	۲-۴-۲ قیمت گذاری خرد رقابتی
۱۴	۱-۲-۴-۲ قیمت گذاری زمان واقعی
۱۵	۲-۲-۴-۲ قیمت گذاری شاخص و بلوک
۱۵	۳-۲-۴-۲ قیمت گذاری ثابت
۱۵	۴-۲-۴-۲ قیمت گذاری زمان استفاده
۱۵	۵-۲-۴-۲ قیمت گذاری پیک بحرانی
۱۶	۶-۲-۴-۲ قیمت گذاری تخفیف زمان پیک
۱۶	۳-۴-۲ قیمت گذاری زمان واقعی
۱۸	فصل سوم: تصمیم گیری تحت عدم قطعیت
۱۹	۱-۳-۱- متغیرهای تصادفی
۱۹	۲-۳-۲- مساله برنامه ریزی تصادفی
۱۹	۱-۲-۳- برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای
۲۱	۳-۳-۱- امید ریاضی اطلاعات کامل و ارزش راه حل تصادفی
۲۱	۱-۳-۳- امید ریاضی اطلاعات کامل
۲۲	۲-۳-۳- ارزش راه حل تصادفی
۲۲	۴-۳-۴- مدیریت ریسک

۲۳	۱-۴-۳ ریسک بازار.....
۲۳	۲-۴-۳ ریسک مقدار.....
۲۳	۳-۴-۳ ریسک اعتباری.....
۲۳	۴-۴-۳ ریسک عملیاتی.....
۲۴	۵-۴-۳ ریسک سیاسی.....
۲۴	۶-۴-۳ ریسک مدیریت ریسک.....
۲۴	۵-۳ مدل سازی ریسک.....
۲۶	۱-۵-۳ برنامه ریزی تصادفی شامل ریسک.....
۲۶	۲-۵-۳ معیارهای اندازه گیری ریسک.....
۲۷	۱-۲-۵-۳ ارزش در خطر (VaR).....
۲۸	۲-۲-۵-۳ ارزش در خطر مشروط.....
۳۰	۶-۳ سری های زمانی.....
۳۲	۷-۳ تولید سناریو.....
۳۴	۱-۷-۳ تولید سناریو با استفاده از ARIMA.....
۳۵	۸-۳ کاهش سناریو.....
۳۷	۱-۸-۳ کاهش بر اساس نرم اختلاف بین جفت بردارهای تصادفی.....
۳۹	۲-۸-۳ الگوریتم کاهش سناریو.....
۴۰	۱-۹-۳ پاسخ سمت مصرف.....
۴۰	۲-۹-۳ اهمیت پاسخ سمت مصرف.....
۴۱	۳-۹-۳ حساسیت.....
۴۳	فصل چهارم: مساله خرده فروش با محدودیت ریسک.....
۴۵	۱-۴ متغیرهای تصادفی.....
۴۶	۲-۴ مدل سازی مساله.....
۴۶	۱-۲-۴ بازار لحظه ای.....
۴۷	۲-۲-۴ انرژی حاصل از باد.....
۴۸	۳-۲-۴ تعیین قیمت فروش.....
۵۱	۴-۲-۴ قرار داد پیش خرید.....
۵۱	۴-۲-۴ حساسیت.....
۵۳	۵-۲-۴ تعادل انرژی.....

۵۳	..... سود مورد انتظار..... ۶-۲-۴
۵۴	..... مدل سازی ریسک..... ۷-۲-۴
۵۴	..... ارزش در خطر مشروط..... ۸-۲-۴
۵۴	..... مدل مساله خرده فروش به همراه ریسک..... ۳-۴
۵۷	..... فصل پنجم: مطالعات عددی
۵۸	..... ۱-۵ دادهها.....
۶۲	..... ۲-۵ نتایج عددی.....
۷۰	..... فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۷۲	..... ۱-۶ پیشنهادات.....
۷۳	..... مراجع.....

فصل اول

مقدمه

با وقوع تجدید ساختار در طی سالیان گذشته و ورود مبادلات انرژی الکتریکی به عرصه جدیدی به نام بازار برق، نهادهای جدیدی نیز شکل گرفت. خرده فروش به عنوان نهاد جدیدی در عرصه بازار برق با مسائل گوناگونی روبرو است. از آن جمله می‌توان به خرید انرژی در بازار لحظه‌ای و طی قراردادهایی با تولید کنندگان، تعیین شرایط فروش انرژی به مصرف کنندگان، مانند قیمت انرژی و نوع قرارداد، پیش بینی بار و ... اشاره کرد. خرده فروش با هدف حداکثرسازی سود خود وارد بازار شده و در این راستا سعی می‌کند تا با پیشنهاد قراردادهای مناسب مصرف کننده را به سمت خود جذب نماید چراکه با تشکیل بازار خرده فروشی هر مصرف کننده این امکان را پیدا می‌کند تا تامین کننده انرژی مورد نیاز خود را تعیین کند. نمونه ای از انتخاب مشتری این است که مصرف کننده می‌تواند تامین کننده خود را از میان تولید کنندگان انرژی های پاک برگزیند که این امر در سیستم‌هایی که تجدید ساختار پیدا نکرده‌اند امکان پذیر نیست و از مزایای رقابت خرد محسوب می‌شود. سرمایه گذاری در انرژی‌های پاک در بازار رقابتی ریسک افزایش قیمت را برای همه مصرف کننده ها افزایش نمی‌دهد اما همه مصرف کنندگان از چنین سرمایه گذاری سود می‌برند. با گسترش روز افزون انرژی‌های تجدیدپذیر در اقصی نقاط دنیا و با توجه به مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر مانند کاهش انتشار گازهای

گلخانه‌ای و به تبع آن جلوگیری از گرم شدن زمین بسیاری از مصرف کنندگان خواهان استفاده از انرژی‌های پاک هستند. با بوجود آمدن بازار خرده فروشی و ایجاد امکان انتخاب تامین کننده انرژی توسط مصرف کنندگان بسیاری از خرده فروش‌ها بستر استفاده از انرژی‌های پاک را برای مصرف کنندگان فراهم نموده‌اند.

هر خرده فروش با دو گروه از قراردادهای مواجه می‌شود: قراردادهای خرید و فروش انرژی. معمولاً بخشی از خرید و فروش انرژی از طریق بازار لحظه‌ای است. جایی که قیمت در آن دارای نوسانات زیادی است. از طرف دیگر خرده فروش متعهد به تامین انرژی متغیر مشتریان خود می‌باشد. وجود چنین عدم قطعیت‌هایی در بازار ایجاد می‌کند که خرده فروش مدیریت ریسک را در برنامه‌های خود برای مبادله انرژی در نظر بگیرد.

در حالیکه خرده فروش با نوسانات بار و قیمت مواجه است، مصرف کنندگانی که با قیمت ثابت برق روبرو هستند حساسیت کمی نسبت به تغییر قیمت در بازار عمده فروشی دارند. از آنجایی که افزایش حساسیت مصرف کننده منجر به مزایایی چون کاهش هزینه تولید، کاهش اعمال قدرت بازار، کاهش هزینه پرداختی توسط مصرف کننده [۱] و ... می‌شود، بکارگیری روش‌هایی که منجر به افزایش حساسیت مصرف کنندگان شود می‌تواند هم برای کل سیستم و هم برای مصرف کننده مفید واقع شود. برای حل این مشکل و افزایش حساسیت مصرف کننده‌ها مدل‌های قیمت گذاری متغیر با زمان مثل قیمت گذاری زمان واقعی، قیمت گذاری بر اساس زمان مصرف، قیمت گذاری پیک-بحرانی و ... پیشنهاد شده است. هدف اصلی همه این مدل‌ها این است که (۱) قیمت خرد منعکس کننده نوسانات بازار عمده فروشی به مصرف کنندگان نهایی باشد تا اینکه آن‌ها بر اساس ارزش واقعی برق در زمان‌های مختلف از روز پرداخت نمایند. (۲) تشویق مصرف کنندگان به تغییر ساعت کار وسایل پرمصرف به زمان‌های غیر پیک تا نه تنها هزینه‌های خود را کاهش دهند بلکه به کاهش نسبت پیک به متوسط بار (PAR)^۱ کمک نمایند [۲].

در این میان قیمت گذاری زمان واقعی (RTP)^۲ برق انتقال طبیعی سیگنال‌های قیمت از بازار لحظه‌ای را به مصرف کنندگان خرد فراهم می‌کند. با وجود RTP مصرف کنندگان با قیمت ساعتی مواجه‌اند که روزانه تغییر می‌کند و مطابق با آن برای مصرف خود تصمیم می‌گیرند. علاوه بر این RTP ریسک هزینه خرید برق که خرده فروش و یا شرکت توزیع محلی ممکن است به علت خرید از بازار عمده با قیمت‌های ناپایدار لحظه‌ای و فروش آن با قیمت ثابت مواجه شود را از بین می‌برد. بکارگیری RTP ریسک قیمت را از خرده فروش و یا شرکت توزیع محلی به مصرف کننده نهایی منتقل می‌کند

¹ Peak-to-Average Ratio

² Real Time Pricing

که بسیاری از آنها ممکن است بیزار از ریسک بوده و از قرار دادهای مختلف برای مدیریت ریسک خود استفاده نمایند. [۳] به همین منظور باید با استفاده از روشهای مناسب مانند استفاده از قیمت گذاریهای ترکیبی مثل قیمت گذاری شاخص و بلوک که شامل قیمت زمان واقعی و قیمت ثابت است اقدام به کاهش ریسک مصرف کننده نمود تا توانایی و انگیزه لازم را برای مشارکت در بازار پیدا نمایند.

در [۴] چارچوب کلی برای تصمیم گیری بر اساس برنامه ریزی خطی عدد صحیح معرفی شده است. در [۵] ابزار و روشهای مورد نیاز مصرف کنندگان و خرده فروشها برای مشارکت فعال در بازار برق نشان داده شدهاند. در [۶] ابزاری برای مدل سازی ریسک در بازار برق از نگاه خرده فروش فراهم شده است. در [۷] مدل بهینه سازی احتمالی برای تخمین بار خرده فروش مشخص شده است. در [۸] پیشنهاد قیمت بهینه در بازار لحظه‌ای در Nord Pool را برای خرده فروش شرح داده است. تاثیر استراتژیهای مختلف قیمت بر سود آوری خرده فروش در [۹] مورد بررسی قرار گرفته است. Woo و همکاران در [۱۰] و [۱۱] به مسائل مربوط به بهینه کردن هزینه خرید در مقابل ریسک یک شرکت توزیع برق محلی با در نظر گرفتن گزینههای مختلف خرید پرداخته اند. [۱۲] خرده فروش بزرگی که می‌تواند بر قیمت بازار از طریق قراردادهای قابل قطع تاثیر گذار باشد را مورد بررسی قرار می‌دهد. در [۱۳] از مدل برنامه ریزی تصادفی برای تعیین قیمت بهینه فروش انرژی به مصرف کننده و همچنین تعیین میزان انرژی خریداری شده از قراردادهای دو جانبه و بازار لحظه‌ای استفاده شده است. همچنین ریسک مربوط به مبادلات بازار لحظه‌ای بوسیله روش semi-variance مدل شده است چارچوب برنامه نویسی با محدودیت ریسک که به مصرف کنندگان اجازه می‌دهد تا بطور بهینه در مورد قرار دادهای دو جانبه، تولید و خرید از بازار لحظه‌ای تصمیم گیری کنند در [۱۴] و [۱۵] بیان شده است. علاوه بر این جهت مدل کردن ریسک از C-VaR [۱۵] واریانس [۱۴] استفاده شده است. تعیین قیمت برق مصرف کننده با استفاده از مدل قیمت گذاری داراییهای سرمایه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است و همچنین از مدل ریسک RAROC برای کمی کردن ریسک مرتبط با قیمت در [۱۶] بهره گرفته شده است. [۱۸] یک مدل تعادل قابل محاسبه برای تخمین نرخهای زمان استفاده مبتنی بر هزینه تولید نیروگاههای مختلف را شرح داده است. در [۱۸] و [۱۹] روش برنامه ریزی تصادفی برای تعیین قیمت بهینه مبتنی بر قیمت ثابت و خرید از بازار لحظه‌ای و قراردادهای پیش خرید استفاده شده است. علاوه بر این در [۱۹] از قراردادهای اختیار معامله و تولید انرژی توسط خرده فروش استفاده گردیده است. در [۲۰] ایده‌ای که در [۱۸] بکار گرفته شد گسترش پیدا کرد و در آن مشتری به قیمت خرده فروش پاسخ داده و رقابت بین خرده فروشهای رقابتی از طریق مدل برنامه ریزی دو سطحی در نظر گرفته شده است.

Xifan Wang و Qin Zhang در [۲۱] قراردادهای حفاظتی برای مقابله با ریسک قیمت گذاری زمان واقعی را با استفاده از شبیه سازی Monte Carlo مورد ارزیابی قرار دادند. علاوه بر این، یک مدل خرید برق با در نظر گرفتن ریسک C-VaR ارائه شده است.

در سالهای اخیر انرژیهای تجدیدپذیر در بسیاری کشورها به عنوان گزینه‌ای برای تولید به منظور توسعه پیشرفت انرژیهای پاک مورد توجه قرار گرفته است. در برزیل نیروگاههای کوچک آبی به همراه بگس (باقیمانده فیبری نیشکر) در سالهای اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در [۲۲] مدل بهینه سازی تصادفی که ترکیب بهینه از پرتفوی مبتنی بر این دو منبع انرژی مشخص می‌کند ارائه شده است. روش به کار گرفته شده در مقاله [۲۳] با در نظر گرفتن دو حالت رقابتی و غیر رقابتی، میزانی از قراردادهای دو جانبه به همراه قیمت آن را برای خرد فروش مشخص می‌کند. به منظور بیمه کردن خرده فروش در برابر ریسک از مدل ریسک RAROC^۱ (ریسک مطابق با بازگشت سرمایه) استفاده شده است. در [۲۴] و [۲۵] با استفاده از تکنیک دسته بندی بار مصرف کنندگان روشی برای پیشنهاد قیمت بهینه توسط خرده فروش ارائه شده است. در [۲۶] با در نظر گرفتن بار و قیمت به عنوان پارامترهای غیر قطعی و برقراری رابطه‌ای غیر خطی میان بار و قیمت و با بهره گیری از برنامه ریزی تصادفی چند مرحله‌ای به بهینه سازی سود خرده فروش پرداخته است. در [۲۷] با استفاده از قراردادهای خرید مختلف از جمله قراردادهای قابل قطع و اختیار معامله و فروش انرژی به مصرف کننده از طریق قرارداد زمان استفاده چارچوبی برای تصمیم گیری خرده فروش بوسیله برنامه ریزی تصادفی ایجاد نموده است.

در این پایان نامه هدف ایجاد بستری برای خرده فروش جهت تصمیم گیری برای یک ماه آینده در مورد میزان و نوع قرارداد با تولید کننده و مصرف کننده با در نظر گرفتن عدم قطعیت در قیمت بازار لحظه‌ای و همچنین تولید انرژی حاصل از منابع تجدید پذیر نظیر باد و خورشید است. خرده فروش در نظر گرفته شده می‌بایست مقدار و قیمت فروش انرژی را تحت قیمت گذاری شاخص و بلوک و همچنین میزان قرارداد پیش خرید برای تامین بخشی از نیاز خود را تعیین نماید. همچنین حساسیت مصرف کننده نسبت به قیمت بازار لحظه‌ای نیز از طریق حساسیت خودی در نظر گرفته شده است.

برنامه ریزی تصادفی چارچوب مدل سازی مناسبی برای مسائلی که تصمیم گیری تحت شرایط عدم قطعیت وجود دارد را فراهم می‌نماید. برنامه ریزی تصادفی مبتنی بر دانش در مورد تابع توزیع پارامترهای غیر قطعی مانند انرژی باد است. به منظور مدل سازی پارامترهای غیر قطعی، معمولاً این

¹ Risk Adjusted Return On Capital

پارامترها بوسیله مجموعه متناهی از سناریوها مدل می‌شوند که هر سناریو نشان دهنده نمایش ممکن^۱ از پارامتر غیر قطعی با احتمال وقوع مربوط به آن است.

از آنجایی که معمولاً تعداد سناریوهای در نظر گرفته شده زیاد است، از روش کاهش سناریو به منظور کاهش تعداد سناریوها استفاده می‌شود.

هدف از بکارگیری قراردادهای پیش خرید کاهش ریسک خرده فروش در مواجهه با نوسانات قیمت برق و همچنین انرژی حاصل از باد و خورشید می‌باشد. بدین منظور از معیار ریسک در برنامه ریزی تصادفی استفاده شده است. اما از آنجایی که کاهش ریسک منجر به کاهش سود می‌شود خرده فروش با چالشی بین سود مورد انتظار و بیزاری از ریسک روبرو است.

در فصل دوم این پایان نامه به معرفی انواع مدل‌های بازار برق و انواع قیمت گذاری پرداخته می‌شود. در فصل سوم به بیان اصول اولیه برنامه ریزی تصادفی پرداخته خواهد شد. همچنین فرآیند تولید سناریو و روش کاهش سناریو به همراه مدل‌های مختلف ریسک معرفی شده‌اند. در فصل ۴ به بیان مسأله‌ای که خرده فروش با آن مواجه است پرداخته می‌شود. در فصل ۵ نتایج عددی بدست آمده حاصل از مدل ارائه شده در فصل ۴، به نمایش در آمده است و در فصل ۶ می‌توان نتیجه گیری و پیشنهادات را مشاهده نمود.

¹ Feasible

فصل دوم

بازار برق و خرده فروشی

صنعت برق دنیا در طی دهه‌های اخیر با تغییر و تحول بسیاری روبرو گشته است. این تغییرات که از آن به عنوان تجدید ساختار و یا مقررات زدایی یاد می‌شود شامل تجزیه شدن شرکت‌های یکپارچه عمودی است. در سیستم‌های انحصاری (سنتی) مصرف کنندگان باید برق را از شرکت‌هایی که انحصار برق را در اختیار داشتند خریداری می‌کردند. این شرکت‌ها دارای ساختار یکپارچه عمودی بودند به این معنا که آن‌ها انرژی را تولید کرده، آن را از نیروگاه‌ها به مراکز بار منتقل کرده و بین مصرف کنندگان توزیع می‌کردند [۲۸].

در سال ۱۹۸۲ شیلی به عنوان اولین کشور تجدید ساختار را شروع کرد [۲۹]. کشورهای دیگر مثل انگلستان از سال ۱۹۸۹، نروژ ۱۹۹۱، آمریکا ۱۹۹۲ و ... نیز وارد این فرآیند شدند [۳۰]. در کشورهای دیگر نیز مثل فنلاند، دانمارک، استرالیا و نیوزلند و ... نیز مقررات زدایی به عنوان روشی برای افزایش کارایی و کاهش هزینه پیشنهاد گردید و به تدریج به مرحله اجرا درآمد. قیمت گذاری بر مبنای هزینه‌های حاشیه ای، کاهش هزینه‌های تولید، بهبود فن آوری در حوزه‌های برق و ... از مزایای تجدید ساختار و بوجود آمدن بازار برق است.

۱-۲ بازار برق

معمولا دو بستر متفاوت به نام‌های بازار لحظه‌ای^۱ و بازار آینده^۲ برای روان سازی تجارت بین تولید کننده و مصرف کننده وجود دارد. بازار لحظه‌ای بازاری است که انرژی در کوتاه مدت مبادله می‌شود. در حالیکه بازار آینده امکان مبادله انرژی الکتریکی را در میان مدت و یا بلند مدت بوسیله خرید و فروش تولیدات استاندارد فراهم می‌نماید.

همچنین امکان امضای قرار داد دو جانبه بین تولید کننده و مصرف کننده نیز وجود دارد. قرار داد دو جانبه توافقی بین تولید کننده و مصرف کننده است که در بیرون از بازار سازمان یافته منعقد می‌شود.

۱-۱-۲ بازیگران بازار [۳۱]

بازیگرانی که در بازار نقش ایفا می‌کنند در زیر توضیح داده شده‌اند. بازیگران بازار شامل مصرف کننده^۳، خرده فروش^۴، تولید کننده^۵، بهره بردار مستقل سیستم^۶ (ISO) و گرداننده بازار^۷ هستند.

مصرف کننده:

مصرف کننده‌ها کاربر نهایی انرژی الکتریکی هستند. خرید انرژی آن‌ها می‌تواند بصورت خرید از بازار لحظه‌ای و یا شرکت در بازار آینده باشد. همچنین می‌توانند وارد قرارداد دو جانبه با تولید کننده شوند و یا از طریق خرده فروش‌ها انرژی مورد نیاز خود را تامین نمایند. هدف مصرف کننده‌ها حداقل کردن هزینه خرید انرژی و یا حداکثر نمودن منفعت ناشی از استفاده انرژی الکتریکی است.

خرده فروش:

خرده فروش‌ها که با عنوان بازاریاب هم شناخته می‌شوند، انرژی الکتریکی را برای مصرف کنندگانی که بطور مستقیم در بازار برق شرکت نمی‌کنند، فراهم می‌نمایند. خرده فروش‌ها خود دارای واحدهای تولیدی نبوده، انرژی مورد نیاز مشتری‌های خود را از بازار لحظه‌ای و بازار آینده خریداری می‌کنند. هدف خرده فروش‌ها حداکثر نمودن سود حاصل از فروش انرژی به مصرف کننده‌ها است.

¹ Pool market

² Future market

³ Consumer

⁴ Retailer

⁵ Producer

⁶ Independent System Operator (ISO)

⁷ Market Operator (MO)

تولید کننده‌ها:

تولید کننده‌ها نهادهایی هستند که دارای واحدهای تولید توان بوده و مسئول تولید الکتریسیته هستند. یک تولید کننده ممکن است انرژی تولیدی خود را در بازار (لحظه‌ای و یا آینده) به فروش برساند و یا مستقیماً با مصرف کننده وارد قرارداد دوجانبه شود. هدف تولید کننده‌ها بدست آوردن حداکثر سود ممکن از فروش انرژی الکتریکی می‌باشد.

بهره بردار مستقل سیستم (ISO):

بهره بردار مستقل سیستم نهادی غیرانتفاعی است که مسئول مدیریت فنی و امنیت سیستم قدرت می‌باشد. بهره بردار مستقل سیستم باید شرایط یکسان برای دسترسی تمام مصرف کنندگان، خرده فروش‌ها و تولید کننده‌گان به شبکه را فراهم نماید.

گرداننده بازار (MO):

گرداننده بازار مسئول مدیریت اقتصادی بازار می‌باشد. علاوه بر این گرداننده بازار قوانین بازار را تعیین نموده و قیمت و مقدار انرژی مبادله شده در بازار را مشخص می‌نماید. در بعضی از بازارهای برق مانند PJM یک نهاد نقش بهره بردار مستقل سیستم و گرداننده بازار را ایفا می‌نماید. در چنین حالتی ISO مسئولیت مدیریت فنی و اقتصادی بازار را بر عهده می‌گیرد.

۲-۲ بازار لحظه‌ای

بازار لحظه‌ای شامل بازار روزپیش و بازارهای کوتاه مدت دیگری به نام‌های بازار تعادل^۱ و تنظیم^۲ می‌باشد. مبادله انرژی در بازار لحظه‌ای اغلب در بازار روزپیش صورت می‌پذیرد، درحالیکه بازار تعادل جهت تنظیم نهایی انرژی مورد نیاز مورد استفاده می‌شود.

در بازار لحظه‌ای، تولید کننده‌ها بلوک‌های انرژی و حداقل قیمت فروش مرتبط با آن را برای هر ساعت تسلیم گرداننده بازار می‌کنند. همچنین، خرده فروش‌ها و مصرف کننده‌ها نیز بلوک‌های انرژی مورد نیاز و حداکثر قیمت خرید خود را تسلیم گرداننده بازار می‌نمایند.

در بعضی از بازارها، فاصله زمانی بازار ممکن است کمتر از یک ساعت باشد. به عنوان مثال در بازار نیوزلند پیشنهادها هر ۳۰ دقیقه و در بازار استرالیا هر ۱۵ دقیقه پیشنهاد قیمت و مقدار داده می‌شود.

¹ Balancing market

² Adjustment market

گرداننده بازار پیشنهادهای خرید و فروش را جمع آوری کرده، بازار را با استفاده از فرآیند تصفیه بازار تصفیه می‌نماید. با انجام این فرآیند قیمت تصفیه بازار و همچنین برنامه تولید و مصرف مشخص می‌شود. اگر شبکه انتقال در نظر گرفته نشود این قیمت برای تمام بازیگران بازار یکسان خواهد بود. از طرف دیگر، با در نظر گرفتن شبکه انتقال، بجای یک قیمت واحد برای همه بازیگران، یک قیمت حاشیه‌ای محلی^۱ (LMP) مرتبط با هر گره در شبکه وجود خواهد داشت. LMPها به علت پرشدگی^۲ و تلفات خطوط با یکدیگر متفاوت خواهند بود.

در این پایان نامه قیمت تصفیه بازار ساعتی در نظر گرفته شده و هر کجا به قیمت بازار لحظه‌ای اشاره شده است منظور قیمت تصفیه بازار ساعتی می‌باشد.

در اکثر بازارهای برق خصوصیات اصلی قیمت بازار لحظه‌ای عبارتند از [۳۲] و [۳۳]:

- متوسط و واریانس نایستا
- دارای خاصیت فصلی چندگانه
- اثر تقویمی
- تغییر پذیری بالا
- جهش قیمت زیاد

به علت این خصوصیات پیش بینی قیمت‌های لحظه‌ای مشکل می‌باشد. اگرچه اطلاعات مربوط به قیمت‌های آینده بازار لحظه‌ای نقش حیاتی برای بازیگران بازار، برای ارائه پیشنهاد به بازار و تبادل انرژی در بازار آینده ایفا می‌کند. بنابراین پیش بینی قیمت بازار لحظه‌ای در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵].

۲-۳ مدل‌های بازار

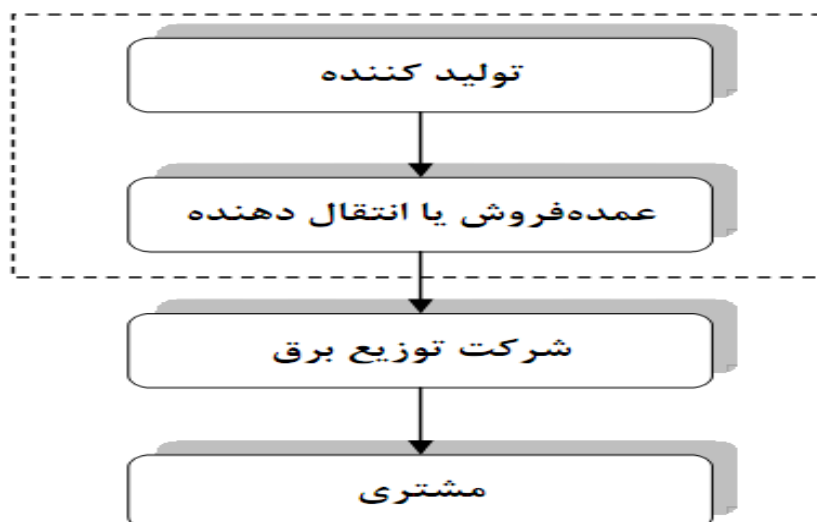
کرشن در [۲۸] چهار مدل برای بازار برق معرفی می‌نماید:

۲-۳-۱ مدل انحصار کامل

بازارهایی هستند که در آن تولید، انتقال و فروش انرژی در انحصار یک شرکت خصوصی، سازمان دولتی و یا نهاد وابسته به دولت است [۲۸].

¹ Locational marginal price

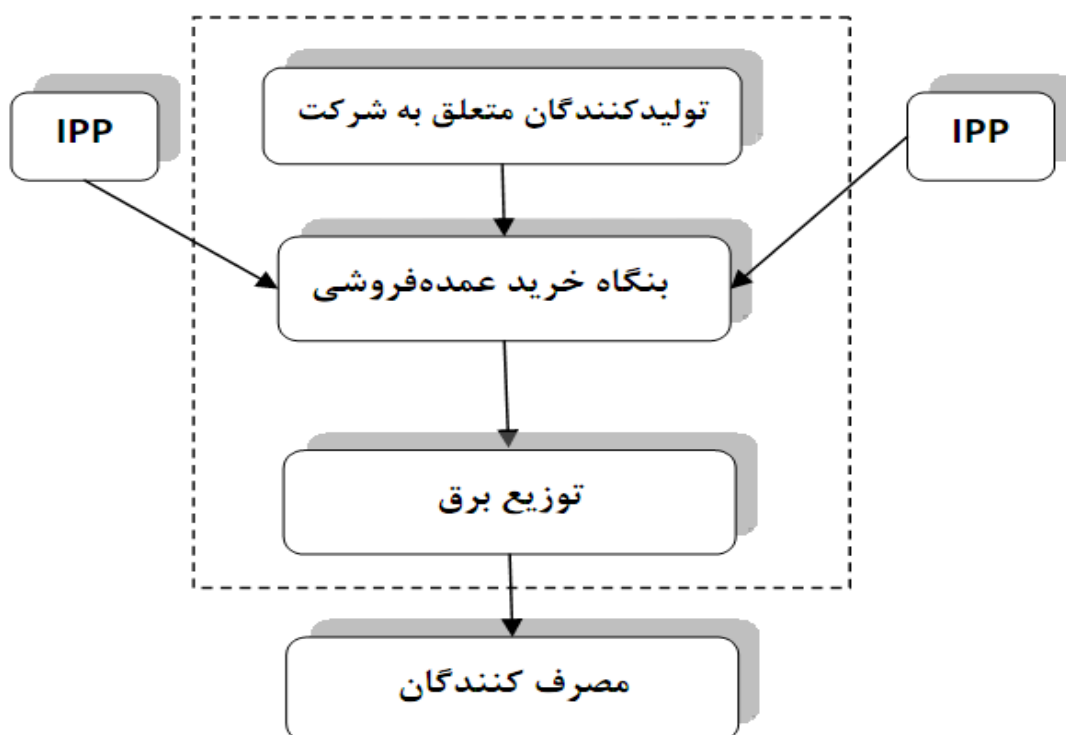
² Congestion



شکل ۲-۱: مدل انحصار کامل

۲-۳-۲ رقابت در تولید

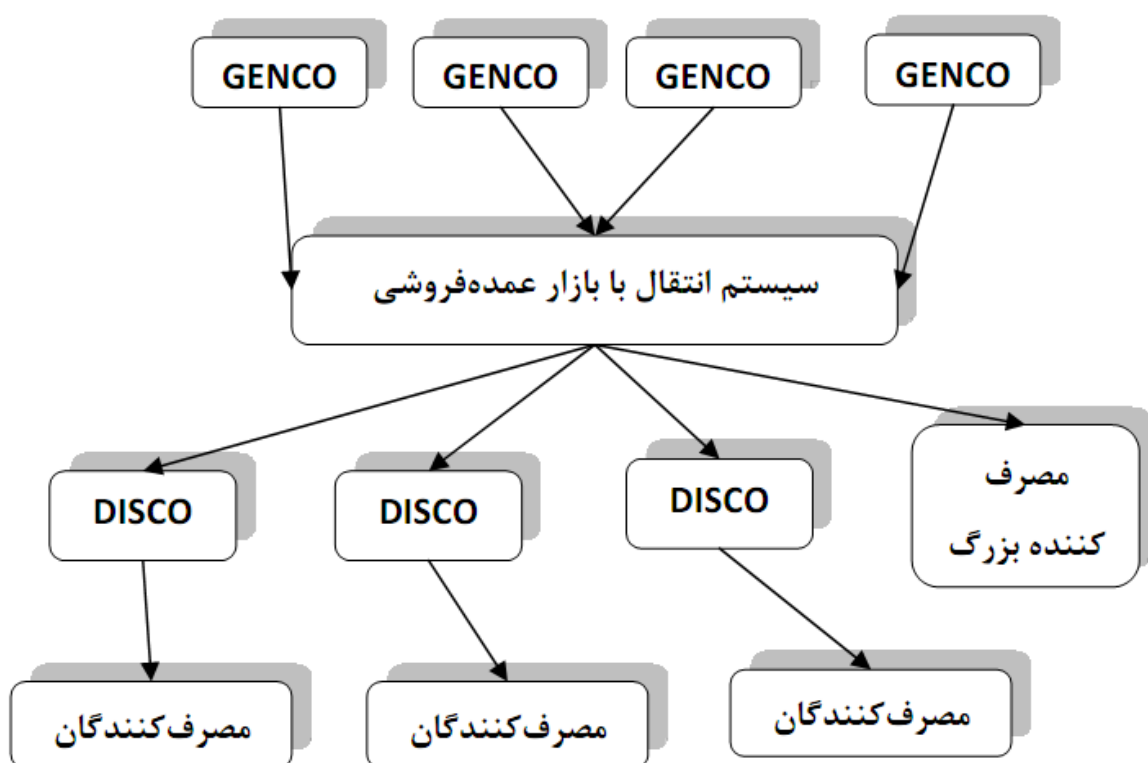
تولید کنندگان مستقل توان (IPP) به شبکه متصلند و تولیدات خود را به شرکت برقی می‌فروشند که به عنوان یک آژانس خرید عمل می‌کند.



شکل ۲-۲: مدل رقابت در تولید

۳-۳-۲ رقابت در بازار کلان

در این مدل یک سازمان مرکزی مسئولیت تهیه و تدارک انرژی را بر عهده ندارد. به جای آن ^۱Discoها انرژی الکتریکی مشتریان خود را بطور مستقیم از شرکتهای تولیدی خریداری می‌کنند. این معاملات در یک بازار عمده فروشی انجام می‌گیرد. در سطح عمده فروشی تنها وظایفی که بصورت متمرکز باقی می‌ماند اداره بازار لحظه‌ای و بهره‌برداری از شبکه انتقال است. در سطح خرده فروشی سیستم به صورت متمرکز باقی می‌ماند.

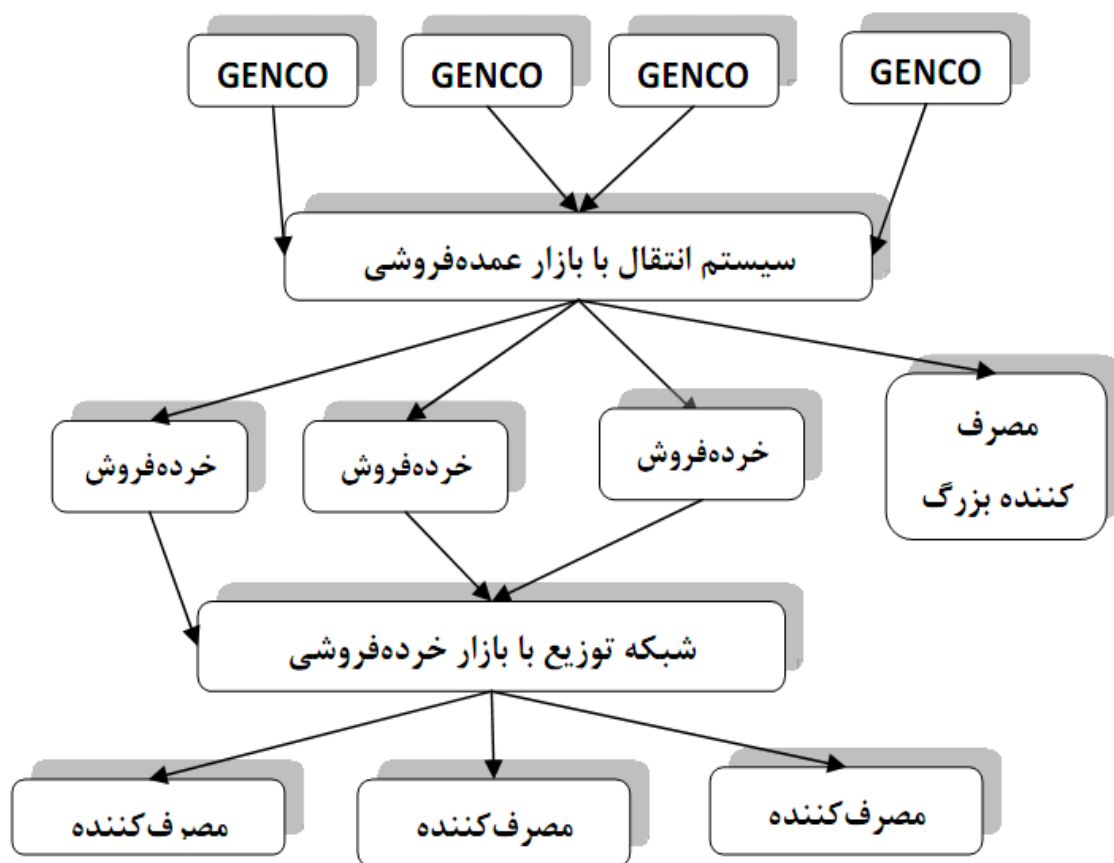


شکل ۳-۲: رقابت در بازار کلان

۳-۳-۲ رقابت خرد

این مدل کامل‌ترین مدل بازار برق رقابتی است که در آن تمام مصرف کنندگان چه خرد و چه کلان می‌توانند تولید کننده خود را انتخاب کنند. در چنین ساختاری آزادی انتخاب برای تمامی مصرف کنندگان و امکان رقابت برای تولید کالایی ارزان تر و یا با کیفیت بیشتر برای تمامی تولید کنندگان فراهم است. در این مدل تنها کارکرد باقیمانده تهیه و تدارک بهره‌برداری از شبکه انتقال و توزیع است. [۲۸].

¹ Distribution Companies



شکل ۲-۴: رقابت خرد

رقابت خرد در بازار برق، توانایی مصرف کننده در انتخاب تامین کننده خرد مورد نظر خود است. تامین کننده خرد حق دسترسی به شبکه توزیع محلی که مصرف کننده به آن متصل است را دارد. تامین کننده خرد معمولاً مسئول قرائت کنتور، صدور قبض و ... می باشد.

تمام کشورهای که به رقابت در تولید وارد شده اند تا حدی به رقابت در سطح خرد نیز وارد گردیده اند. اکثر کشورها هم اکنون به صنایع بزرگ اجازه انتخاب تامین کننده خود را داده اند و در بسیاری از کشورها مصرف کنندگان متوسط نیز چنین اجازه ای را دریافت کرده اند [۳۶].

از مزایای رقابت خرد می توان (۱) امکان انتخاب تامین کننده های انرژی از طرف مصرف کننده (۲) امکان توسعه فن آوری های پاک (۳) تحریک بهره وری در تمام حلقه های زنجیره تولید (۴) روان سازی بیشتر در بازار عمده فروشی را نام برد.

رقابت کردن امکان ارائه انواع مختلف قراردادهای پیشنهادی همراه با سرویس های متفاوت را فراهم می کند؛ مانند: قابلیت اطمینان و کیفیت های مختلف (به عنوان مثال اجازه قطع در ازای تعرفه پایین تر)، حفاظت در برابر ریسک ناپایداری قیمت، تکنولوژی های پیشرفته اندازه گیری، مشارکت

عرضه برق با دیگر سرویس ها (گاز، آب، تلفن، اینترنت) و فروش انواع تکنولوژی‌ها (انرژی های پاک) [۳۷].

نمونه‌ای از انتخاب مشتری این است که مصرف کننده می تواند تامین کننده خود را از میان تولید کنندگان انرژی‌های پاک برگزیند که این امر در سیستم هایی که تجدید ساختار پیدا نکرده‌اند امکان پذیر نیست و از مزایای رقابت خرد محسوب می‌شود. سرمایه گذاری در انرژی‌های پاک در بازار رقابتی ریسک افزایش قیمت را برای همه مصرف کننده ها افزایش نمی‌دهد اما همه مصرف کنندگان از چنین سرمایه گذاری سود می‌برند. امکان دیگری که برای مصرف کننده فراهم می‌شود تعیین قابلیت اطمینان مورد نیاز است. مسلماً بعضی از مصرف کنندگان به قابلیت اطمینان متفاوت و یا کیفیت متفاوت برق نیاز دارند (صنایع نساجی، مخابرات و...) [۳۸]. رقابت خرد فروشی می‌تواند باعث پیشبرد موثر بازار عمده فروشی شود. پاسخ سمت مصرف نقش مهمی در عملکرد بازار عمده فروشی دارد. با تنظیم قیمت بازار خرد با بازار عمده فروشی خرد می‌تواند مزایای اجتماعی قابل توجهی ناشی از عملکرد بهینه بازار عمده فراهم کند.

مصرف کنندگانی که تقاضای پیک آنها حداقل چند صد کیلووات باشد، ممکن است با به کارگیری کارشناسانی برای پیش بینی تقاضای خود و داد و ستد در بازارهای برق برای به دست آوردن قیمت‌های پایین‌تر، قادر به صرفه جویی مقدار قابل توجهی از منابع مالی باشند. می‌توان از چنین مصرف کنندگانی انتظار داشت که بطور مستقیم و فعالانه در بازارها شرکت کنند. از سوی دیگر، چنین داد و ستد فعالانه‌ای برای مصرف کنندگان کوچکتر، مقرون به صرفه نیست. خرده فروش‌های برق برای پر کردن شکاف بین بازار عمده فروشی و این مصرف کنندگان کوچکتر به فعالیت می‌پردازند [۲۸].

۲-۴ قیمت گذاری بهینه در بازار خرده فروشی [۳۹]

دو نوع قیمت گذاری مشخص در بازار خرده فروشی وجود دارد. یکی سرویس از پیش تعیین شده است که بیانگر قیمت‌هایی می‌باشد که به مشتری‌هایی که تامین کننده رقابتی را انتخاب نکرده‌اند و یا کسانی که تامین کننده رقابتی در دسترس آنها نیست اعمال می‌شود. دیگری قیمت گذاری خرد است که توسط تامین کننده‌های رقابتی یا خرده فروش‌ها تعیین می‌گردد.

۲-۴-۱ قیمت گذاری از پیش تعیین شده

نرخ‌های از پیش تعیین شده اغلب به عنوان بخشی از طرح تجدید ساختار تعیین می‌شوند. در بسیاری از مواقع این نرخ‌ها در سطوح کاهش یافته ثابت بدون مرتبط بودن با قیمت بازار عمده تعیین می‌شوند