مروری بر مشارکت خرده فروش‌های برق در بازار برق

صیاد نوجوان[1]

۱- استادیار- دانشکده مهندسی برق- دانشگاه بناب- بناب- ایران

sayyad.nojavan@ubonab.ac.ir

چکیده: در این مقاله منابع علمی مرتبط با مشارکت خرده فروش‌های برق در بازار برق مرور خواهد شد. بطورکلی، برنامه‌ریزی مشارکت خرده فروش‌ها در بازار برق را می‌توان به برنامه‌ریزی‌های بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت تقسیم نمود. منابع مختلف خرید انرژی خرده فروش‌ها شامل بازار برق، قراردادهای دوطرفه، واحدهای تولیدپراکنده و منابع انرژی‌های نو شامل توربین بادی و سیستم‌های فتوولتائیک است. همچنین، خودروهای برقی، سیستم ذخیره‌ساز باتری و سیستم ذخیره‌ساز هیدروژنی بعنوان سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی می‌توانند انعطاف‌پذیری بیشتری در مسائل مدیریت انرژی آنان داشته باشند. همچنین، مساله تعیین قیمت فروش برق به مصرف‌کنندگان توسط خرده فروش‌های برق مورد توجه قرار گرفته است. علاوه‌براین، مشارکت مصرف کنندگان خرده فروش‌ها در برنامه‌های پاسخ‌گویی بار بعنوان واحد تولید مجازی جهت کاهش هزینه خرید انرژی مصرف کنندگان و افزایش سود خرده فروش‌ها بررسی شده است. همچنین از نظر اینکه مراجع مربوطه، عدم قطعیت‌های پیش روی خرده فروش‌ها را که معمولا قیمت‌های بازار برق و بار مصرف‌کنندگان خود را مدل‌سازی کرده‌اند در مرور منابع بررسی خواهد شد. نهایتا، مدل‌سازی ریسک ناشی از عدم قطعیت‌های مختلف بررسی خواهد شد. در ادامه با جزئیات به مرور منابع مشارکت خرده فروش‌ها در بازار برق خواهیم پرداخت.

واژه‌های کلیدی: خرده فروش های برق، منابع انرژی، قیمت گذاری برق، برنامه های پاسخگویی بار، عدم قطعیت ها

نوع مقاله: مروری

DOI: 10.52547/jiaeee.19.1.283

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش مشروط مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱

نام نویسنده‌ی مسئول: دکتر صیاد نوجوان

نشانی نویسنده‌ی مسئول: ایران – بناب – بزرگراه ولایت – دانشگاه بناب – دانشکده‌ی فنی و مهندسی

۱- مقدمه

در این پژوهش، مقاله‌های مشارکت خرده فروش‌های برق در بازار برق مرور خواهد شد. از منظر بازه زمانی به برنامه‌ریزی بلندمدت، میان مدت و کوتاه مدت تقسیم می شود [۱]. همچنین، مقالات مختلف از دیدگاه‌های مختلف از قبیل نوع مساله، تابع هدف، قیمت‌گذاری خرده فروش، روش‌های حل، مدل‌سازی عدم قطعیت، مدل‌سازی ریسک و برنامه پاسخ‌گویی بررسی خواهد شد.

ادامه این مقاله بصورت زیر سازماندهی شده است. بخش ۲ بررسی اجمالی مشارکت خرده فروش‌های برق از منظر بازه زمانی را بررسی کرده است. خلاصه مرور منابع و مقایسه آنها از دیدگاه‌های مختلف در بخش ۳ بیان شده است. نهایتا، نتیجه‌گیری مقاله در بخش ۴ ارائه شده است.

۲- بررسی اجمالی

در حالت کلی، برنامه‌ریزی مشارکت خرده فروش‌ها در بازار برق را می‌توان به برنامه‌ریزی بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت تقسیم نمود که در ادامه بصورت اجمالی بررسی می شود.

۲-۱- برنامه‌ریزی بلندمدت

تحقیقات و مطالعات اندکی در ارتباط با برنامه‌ریزی بلند مدت خرده فروش در بازار برق انجام شده است. بازه زمانی درنظر گرفته شده برای برنامه‌ریزی بلندمدت بازه یک سال می‌باشد. بیشتر محققان روی برنامه‌ریزی میان‌مدت و کوتاه‌مدت خرده فروش‌های برق متمرکز شده‌اند. در ادامه، منابع مربوط به مشارکت خرده فروش‌ها در بازار برق در برنامه‌ریزی بلندمدت مرور خواهد شد. در [۲]، یک راه حل جامع برای پیش‌بینی انرژی خرده فروش در بلندمدت به منظور پیش‌بینی یک استراتژی تجاری محافظه‌کارانه پیشنهاد شده است. این مقاله، مساله را در دو زیرمساله تشریح کرده است: الف) پیش‌بینی بار هر مصرف‌کننده ب) پیش‌بینی شغل مصرف‌کنندگان. تجزیه و تحلیل برگشتی و بقاء به ترتیب برای هر زیرمساله اجرا شده است. روش پیشنهادی این مقاله بر روی خرده فروش با رشد سریع در آمریکا اجرا شده که عملکرد برتر از نظر میانگین درصد خطای قدرمطلق تقاضای ساعتی، روزانه و ماهانه را نشان داده است. مقاله [۳] استراتژی‌های خرده فروش را جهت تعیین بار آینده با استفاده از شبیه سازی در سطح ساعتی برای یک سال را تجزیه و تحلیل کرده است. لازم به ذکر است که عدم قطعیت قیمت بازار در این مقاله با استفاده از روش سناریو مدل‌سازی شده و ارزیابی ریسک مورد نظر هم با استفاده از واریانس سود مدل‌سازی شده و ارزیابی شده است. استراتژی پیشنهادی روی داده‌های واقعی بازار PJM شبیه سازی شده و نتایج آن جهت استفاده و بدست آوردن استراتژی خرده فروش برق استفاده شده است.

۲-۲- برنامه‌ریزی میان‌مدت

محققان بیشتری روی برنامه‌ریزی میان‌مدت خرده فروش‌های برق در بازار برق متمرکز شده‌اند. اکثر مطالعات در این زمینه بازه برنامه‌ریزی یک‌ماهه (چهار هفته) را در نظر گرفته‌اند. مقاله‌های تحقیقاتی [۴ و ۵] برنامه‌ریزی میان‌مدت خرده فروش‌های برق را بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها در بازار برق مورد توجه قرار داده‌اند. همچنین مقاله‌های تحقیقاتی [۶-۲۳] مشارکت میان مدت خرده فروش‌ها با درنظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین مراجع [۵، ۱۴، ۱۷ و ۲۰] مشارکت مصرف کنندگان خود در برنامه پاسخ‌گویی بار را مورد ارزیابی قرار داده‌اند که در ادامه با جزئیات مرور می‌شود.

۲-۲-۱- برنامه‌ریزی میان‌مدت بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت

مصرف کنندگان کوچکتر معمولا ترجیح می‌دهند که در یک قیمت ثابت از خرده فروش برق خرید کنند که این قیمت معمولا چند بار در سال تنظیم می‌شود. خرده فروش‌های برق واسطی بین بازار عمده فروشی و مصرف کنندگان کوچک می‌باشند و از این طریق تجارت می‌کنند. بنابراین، مقاله [۴] یک روش ترکیبی براساس الگوریتم‌های رقابت استعماری و ذرات بهینه سازی ازدحام را پیشنهاد داده است تا خرید انرژی بهینه برای خرده فروش برق در بازه زمانی یک ماهه از منابع چندگانه شامل بازار برق، قراردادهای دوطرفه و تاسیسات تولید خودی در بازار برق تجدید ساختار یافته خرید کند. حل این مساله اطلاعات لازم برای بدست آوردن استراتژی خرید انرژی خرده فروش را فراهم می‌کند. همچنین، نتایج روش ترکیبی پیشنهادی در این مقاله با روش‌های رقابت استعماری و ذرات بهینه سازی ازدحام مرسوم مقایسه شده است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که روش ترکیبی پیشنهادی موثر بوده و قابلیت یافتن جواب بهینه خوبی در مقایسه با روش های رقابت استعماری و ذرات بهینه سازی ازدحام مرسوم را داراست.

همچنین در مرجع [۵]، در نتیجه ادغام منابع متناوب تولید توان مانند توربین بادی و سیستم فتوولتائیک، مقادیر برق عرضه شده نوسانات بی‌سابقه‌ای را نمایش می‌دهد. بنابراین، خرده فروشان برق تا حدودی می‌توانند وظیفه هماهنگ‌کردن تقاضا و عرضه متغیر توان را بوسیله انتقال تقاضا مطابق با تغییرات طرف عرضه برق را دارند. به این فناوری به اصطلاح برنامه پاسخ‌گویی بار گفته می‌شود. به هرحال، مطالعات خیلی کمی روی تاثیرات برنامه پاسخ‌گویی بار در اثرات مالی آن انجام شده است. به‌همین منظور، این تحقیق یک مساله بهینه‌سازی را ارائه کرده است تا هزینه خرید انرژی خرده فروش برق را به منظور کنترل استفاده از برنامه پاسخ‌گویی بار مینیمم کند. بررسی‌های این مقاله نشان می‌دهد هزینه متوسط تا ۸ درصد کاهش می‌یابد درحالیکه هزینه بازه پرباری تا ۱۴ درصد کمتر می‌شود.

۲-۲-۲- برنامه‌ریزی میان‌مدت با در نظر گرفتن عدم قطعیت

مقاله‌های تحقیقاتی [۶-۲۳] عدم قطعیت‌های پیش روی خرده فروش در بازار برق را در برنامه‌ریزی میان‌مدت خرده فروش‌ها درنظر گرفته‌اند. اکثر مقاله‌ها، عدم قطعیت‌ها را به روش سناریو مدل‌سازی کرده‌اند درحالیکه مقاله‌های اندکی از روش‌های بهینه‌سازی مقاوم [۱۹ و ۲۰] و تئوری تصمیم‌گیری مبتنی برشکاف اطلاعاتی [۲۱] برای مدل سازی عدم قطعیت‌ها استفاده کرده‌اند.

مقاله [۶] استراتژی بهینه‌ای را برای خرده فروش ارائه کرده است که انرژی الکتریکی‌اش را از بازار برق حوضچه‌ای و قراردادهای دوطرفه خریداری کند. علاوه براین، قیمت فروش برق به مصرف کنندگان و سیاست قطع بهینه بار را نیز تعیین می‌کند. این الگوریتم کارکرد خرده فروش را به دو برنامه میان‌مدت و کوتاه‌مدت تقسیم می‌کند. مقدار انرژی خریداری شده از بازار برق حوضچه‌ای و قطع بار بوسیله برنامه-کوتاه مدت تعیین می‌شود، درحالیکه مقدار انرژی خریداری شده از قراردادهای دوطرفه و تعیین قیمت فروش تصمیم‌گیری برنامه میان-مدت هستند. تصمیمات بهینه در برنامه‌کوتاه مدت براساس نتایج برنامه میان‌مدت ایجاد می‌شود. برنامه میان‌مدت ماهانه و برنامه کوتاه-مدت روزانه هستند. برنامه میان‌مدت یک مساله، بهینه سازی اتفاقی است که مقادیر تصادفی قیمت بازار و بار مصرف کنندگان بوسیله روش مونت کارلو تولید سناریو شده و استفاده می‌شود. این مقاله به ارزیابی ریسک مورد نظر خرده فروش در بازار برق نپرداخته است.

از نقطه نظر خرده فروش برق، مقاله [۷] مساله تنظیم قراردادهای بین طرف‌های عرضه‌کنندگان و مصرف‌کننده را بررسی می‌کند تا سود خرده فروش را بیشینه کند درحالیکه ریسک مورد انتظار در سطح قابل قبولی بماند. مدل بهینه‌سازی اتفاقی پیشنهادی در این مقاله می-تواند به خرده فروش برق کمک کند تا قراردادهای دوطرفه را با راهنمایی بهتری انتخاب کند. عدم قطعیت‌های موجود از قبیل قیمت بازار برق و تقاضای مصرف‌کنندگان به روش سناریو مدل‌سازی شده است و ریسک مورد نظر با استفاده از واریانس ارزیابی شده است. به اینصورت که تابع هدف پیشنهادی شامل بیشینه کردن سود مورد انتظار و همزمان کمینه کردن واریانس سود می‌باشد.

در مقاله [۸]، خرده فروشان برق قراردادهایی را با شرکت‌های تولیدی و مصرف کنندگان نهایی انعقاد می‌کنند تا نیازهای بار آنها را در برابر تعرفه توافقی تامین کنند. خرده فروشان هزینه پرداختی مصرف کنندگان را به عنوان سرمایه در بازار برق رقابتی سرمایه‌گذاری می-کنند. بنابراین در این مقاله، یک مدلی برای مقداردهی ریسک قیمت خرده فروش برق پیشنهاد شده است. مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه برای تعیین قیمت برق خرده فروش برای مصرف‌کنندگان نهایی نشان داده شده است. خطر ضریب بازیافت تعدیل در سرمایه برای مقداردهی ریسک قیمت درگیر استفاده شده است. روش پیشنهادی در این مقاله می‌تواند بوسیله خرده فروش در هنگام ارسال پیشنهاد برای تعرفه برق به قدرت نظارتی استفاده شود.

همچنین در مقاله [۹]، مصرف‌کنندگان هزینه مصرف برق را در یک تعرفه ثابت به خرده فروشان پرداخت می‌کنند. خرده‌فروش توان را در قیمت تسویه بازار از بازار برق و یا از طریق قراردادهای دوطرفه با قیمت توافقی می‌خرد. با توجه به این حالت‌های مختلف در خرید و فروش، خرده فروشان درگیر برآورد پرداختی خود همراه با ریسک کمی مواجه شده است. روش ارائه شده در این مقاله یک تعدادی از مقادیر قراردادها و قیمت متناظرش را برای خرده فروش می‌دهد تا پرداختی آن در ریسک محدود مطمئن شود. روش پیشنهادی روی خرده فروش تک در بازار و همچنین دو خرده فروش که در بازار رقابت می‌کنند اعمال شده است. ریسک با استفاده از ریسک مربوط به بازگشت سرمایه محاسبه می‌شود.

روش برنامه‌ریزی اتفاقی محدود شده به ریسک برای تعیین قراردادهای آینده و تعیین قیمت فروش برق به مصرف‌کنندگان با هدف ماکزیمم کردن سود مورد انتظار خرده فروش در یک سطح ریسک قابل قبول در [۱۰] پیشنهاد شده است. این روش پیشنهادی بخاطر اینست که خرده فروش برق برای خرید انرژی الکتریکی و فروش آن به مصرف-کنندگانش با دو مشکل اساسی روبروست. نخست اینکه، در موقع خرید انرژی الکتریکی از بازار برق با عدم‌قطعیت قیمت بازار برق یا انتخاب قراردادهای دوطرفه با میانگین قیمت بالا روبروست و از طرفی دیگر در فروش برق به مصرف‌کنندگان، با عدم‌قطعیت تقاضای مصرف‌کنندگان و این حقیقت که مصرف‌کنندگان ممکن است خرده فروش رقیب را انتخاب کنند اگر قیمت فروش برق به اندازه کافی رقابتی نباشد و یا گران باشد. مدل پیشنهادی در این مقاله، رفتار حساسیت مصرف-کنندگان به قیمت فروش پیشنهادی خرده فروش برق درنظرگرفته شده‌است. همچنین، عدم‌قطعیت‌های قیمت بازار برق و تقاضای مصرف‌کنندگان با استفاده از روش سناریو سازی مدل‌سازی شده است و ریسک مورد نظر با استفاده از روش CVaR[۱] مدل‌سازی شده است.

همچنین در مقاله [۱۱]، خرده فروش برق با ریسکی که در تامین کردن بار و ریسک قیمت لحظه‌ای در خرید از بازار حوضچه‌ای روبرو است، به همین منظور، این مقاله، روش بهینه‌سازی اتفاقی چند مرحله‌ای را پیشنهاد داده است جاییکه عدم قطعیت‌های قیمت و بار را در نظر می‌گیرد. همچنین ریسک مورد انتظارش را بر اساس روش CVaR مدل‌سازی می‌کند. علاوه براین، همبستگی بین قیمت و بار در این مقاله در نظر گرفته شده است.

علاوه براین در [۱۲]، یک مدل ریاضی براساس برنامه‌ریزی اتفاقی آمیخته با اعداد صحیح برای حل مساله میان‌مدت خرده فروش برق پیشنهاد شده است، تا قیمت فروش بهینه برق به مصرف‌کنندگان و سیاست خرید انرژی برای یک بازه معین را تعیین کند. خرده فروش

چندین انتخاب اعم از بازار برق، قراردادهای دو طرفه، قراردادهای آنی و منبع تولیدی خودی را برای خرید برق دارد. ریسک مورد نظر بوسیله روش CVaR مدل‌سازی می‌شود. همچنین رقابت بین خرده فروش‌ها با استفاده از تابع سهم بازار مدل‌سازی شده است.

در مقاله [۱۳]، هدف خرده فروش برق اینست که قراردادهای آتی را مدیریت کند و قیمت فروش پیشنهادی به مصرف‌کنندگانش را تعیین کند. برای خرید انرژی‌الکتریکی و فروش به مصرف‌کنندگان، خرده فروش با دو وظیفه مهمی روبروست. اولا، در خرید انرژی الکتریکی، باید با عدم قطعیت قیمت بازار برق مقابله کند و قراردادهای آتی را در قیمت های میانگین بالاتر انعقاد کند. ثانیا، در فروش برق، باید عدم-قطعیت تقاضای مصرف‌کنندگان را درنظر گرفته و مورد توجه قرار دهد این حقیقت را که مصرف‌کنندگان ممکن است خرده فروش‌های دیگری را انتخاب کنند اگر قیمت فروش بقدر کافی رقابتی نباشد. بنابراین در این مقاله، ریسک مالی در ارتباط با عدم قطعیت قیمت بازار با استفاده از ریسک مطلوب مورد انتظار مدل‌سازی شده است، که بطور صریح به عنوان قید در مساله بهینه‌سازی اتفاقی آمیخته با اعداد صحیح گنجانده شده است. مکانیسم چرخ رولت و شبیه سازی مونت کارلو برای تولید سناریو در مساله برنامه‌ریزی اتفاقی بکار گرفته شده-اند. مساله بهینه‌سازی پیشنهادی بوسیله روش‌های تجزیه با استفاده از تجزیه بندرز حل شده است.

در مقاله [۱۴]، یک چهارچوب جدیدی پیشنهاد شده است که پاسخ-گویی بار را به عنوان یک منبع انرژی خرده فروش علاوه بر منابع متداول بازار حوضچه‌ای و قراردادهای دوطرفه استفاده کرده است. در این روش، برنامه پاسخ‌گویی مبنای تشویقی پله‌ای به عنوان منابع زمان واقعی خرده فروش برق پیشنهاد شده است. علاوه براین، رفتار غیرقابل پیش‌بینی مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه پاسخ‌گویی پیشنهادی براساس روش سناریو مدل‌سازی شده است. بنابراین مساله به عنوان مساله برنامه ریزی اتفاقی فرمول‌بندی شده است که متغیرهای عدم قطعیت شامل قیمت‌های بازار برق و مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه پاسخ‌گویی بار است.

مساله برنامه‌ریزی میان‌مدت (یک ماهه) به روش برنامه‌ریزی اتفاقی برای خرده فروش برق در مقاله [۱۵] پیشنهاد شده است. هدف از این مقاله، تعیین قیمت فروش برق به مصرف‌کنندگان براساس تعرفه زمان استفاده و مدیریت مجموعه‌ای از قراردادهای مختلف به منظور خرید تقاضای مصرف‌کنندگانش و مدیریت ریسک است. منابع خرید شامل بازار حوضچه ای، تاسیسات تولید پراکنده خودی و ابزارهای دیگری مانند قراردادهای آینده، آنی و قرارداد قطع بار است. هدف از این مقاله، ماکزیمم کردن سود و بطور همزمان مینیمم کردن ریسک مورد نظر است. ریسک خرده فروش توسط روش CVaR مدل سازی شده است. عکس‌العمل مصرف‌کنندگان به قیمت‌های فروش خرده فروشان و همچنین رقابت بین خرده فروش‌ها با استفاده از تابع سهم بازار مدل-سازی شده است. مساله پیشنهادی بصورت برنامه‌ریزی اتفاقی آمیخته با اعداد صحیح فرمول‌بندی شده و با روش‌های تجزیه حل شده است و هرکدام از قسمت‌های تجزیه شده بوسیله الگوریتم شاخه و محدودیت حل شده‌اند.

در مقاله [۱۶]، خرده فروش برق جهت دنبال کردن تغییرات لحظه‌ای بار از دو استراتژی استفاده می کند: ۱) خرید برق از بازار حوضچه‌ای و ۲) انعقاد قراردادهای دوطرفه با تولیدکنندگان برق. از آنجاییکه که قیمت بازار برق متغیر است، خرده فروش برق قراردادهایی را با تولیدکنندگان برق انعقاد می‌کند تا ریسک قیمت‌های بازار برق را بکاهد. در حالت ایده آل، خرده فروش برق دوست دارد تا انرژی فروخته‌اش به مصرف‌کنندگان را با انرژی خریداری شده از قراردادهای دوطرفه تطابق دهد. به هرحال، تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در بار مصرف‌کنندگان خرده فروش را مجبور می‌کند تا انرژی را از بازار برق خریداری کرده و یا به فروش برساند. بنابراین، این مقاله، از دیدگاه خرده فروش یک مدل برای تنظیم تغییرات قیمت پیشنهاد می‌دهد جاییکه مصرف‌کنندگان تشویق می‌شوند تا بارشان را با درنظر گرفتن تعرفه زمان استفاده برق شیفت دهند. این توزیع مجدد بار، انرژی ذخیره برای خرده فروش را تولید خواهد کرد، بنابراین، انرژی خریداری شده از بازار برق در زمان‌هایی با قیمت بالا را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر مصرف‌کنندگان بارشان را دوباره توزیع می‌کنند تا براساس قیمت‌های جدید کاهش هزینه داشته باشند. علاوه براین عدم قطعیت قیمت‌های بازار برق و الاستیسیته مصرف‌کنندگان با برنامه‌ریزی اتفاقی و روش سناریو داخل محاسبات می‌شود. ریسک موردنظر هم با روش CVaR مدل‌سازی می‌شود.

یک برنامه پاسخ‌گویی بار جدیدی از دیدگاه خرده فروش برق در در [۱۷] ارائه شده است. برنامه پاسخ‌گویی بار پیشنهادی به خرده فروش اجازه می‌دهد تا تعیین کند که چطور پاسخ‌گویی بار را از تجمیع-کنندگان و مصرف‌کنندگان بخرد. قراردادهای پاسخ‌گویی بار زمان واقعی و بلند مدت متنوعی پیشنهاد شده است، که آنها بعنوان منابع انرژی خرده فروش علاوه بر سایر منابع قبلی مورد توجه قرار می‌گیرد. این قراردادهای شامل گزینه‌های سفارش از بازار برق، قراردادهای پاسخ‌گویی بار پیش رو و پاسخ‌گویی بار مبتنی بر پاداش است. مساله خرید انرژی اتفاقی برای خرده فروش پیشنهاد شده است، که قیمت های بازار برق و مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه‌های پاسخ‌گویی بار براساس بخش متغیرهای عدم قطعیت هستند که به روش سناریو مدل‌سازی می‌شوند. ریسک مورد نظر خرده فروش به روش CVaR مدل‌سازی شده است. مقاله‌های مرور شده قبلی تابع هدف تک‌سطحی را شامل می‌شدند در حالیکه در مقاله [۱۸]، یک روش برنامه‌ریزی دوسطحی پیشنهاد شده است تا مساله برنامه‌ریزی میان مدت (یک ماهه) خرده فروش برق را حل کند. خرده فروش برق میزان خرید انرژی از بازارهای آینده و حوضچه‌ای بهمراه قیمت فروش پیشنهادی

به مصرف‌کنندگان را تعیین می‌کند، با این هدف که سود مورد انتظارش را در یک سطح ریسک قابل قبول بیشینه کند. در این مقاله، عدم قطعیت‌های قیمت بازار، تقاضای مصرف‌کنندگان و قیمت‌های خرده فروشان رقیب با برنامه‌ریزی اتفاقی (روش سناریو) مدل سازی شده است. همچنین ریسک ناشی از عدم قطعیت‌های اشاره شده با استفاده از روش CVaR مدل‌سازی می‌شود. برخلاف روش‌های قبلی، مصرف‌کنندگان به قیمت خرده فروش پاسخ می‌دهند و رقابت میان خرده فروشان رقیب بطور صریح در مدل دوسطحی در نظر گرفته شده است. همچنین، روش حل این مقاله به اینصورت است که مساله برنامه‌ریزی دوسطحی غیرخطی را به مساله برنامه‌ریزی خطی آمیخته با اعداد صحیح تبدیل می‌شود که این مساله معادل با جایگزینی مساله سطح پایین با روش شرایط بهینه KKT[۲] و تبدیل تعداد زیادی قیود غیرخطی ناشی از ساختار KKT به قیود خطی با استفاده از روش تئوری دوگان بدست آمده است. در مساله دوسطحی پیشنهادی، در سطح بالا، سود مورد انتظار خرده فروش با هدف تعیین میزان مشارکت در بازارهای مختلف و همچنین تعیین قیمت فروش به مصرف‌کنندگان ماکزیمم می‌شود. در حالیکه، در سطح پایین، هزینه خرید انرژی بوسیله هر گروه از مصرف‌کنندگان با هدف تعیین تقاضای شرکت کرده در بازار مینیمم می‌شود.

مقاله‌های [۱۹ و ۲۰]، از روش بهینه‌سازی مقاوم برای مدل‌سازی عدم قطعیت قیمت بازار پیشنهاد شده است. بنابراین در مقاله [۱۹]، خرده فروش برق تقاضای لازم مصرف‌کنندگانش را از منابع انرژی مختلف از قبیل تاسیسات تولیدی خودی، قراردادهای دوطرفه و بازار برق خریداری می‌کند. در این فرایند، مدل‌سازی عدم قطعیت قیمت بازار برق مهم است برای اینکه سود حداکثر بدست آید. بنابراین، در این مقاله، روش بهینه‌سازی مقاوم برای بدست آوردن استراتژی پیشنهاددهی بهینه خرده فروش پیشنهاد شده است که باید به بازار برق ارائه دهد. بوسیله روش پیشنهادی، یک مجموعه ای از مسائل برنامه‌ریزی مقاوم خطی آمیخته با اعداد صحیح حل می‌شود تا استراتژی پیشنهاددهی بهینه خرده فروش ساخته شود. برای مدل‌سازی عدم قطعیت قیمت بازار برق، محدودیت بالایی و پایینی قیمت‌های برق بجای قیمت‌های پیش‌بینی شده مورد توجه قرار می‌گیرد. محدوده قیمت‌های بازار برق به زیربازه‌های کوچکتری تقسیم می‌شود که اجازه می‌دهد مساله مقاوم فرمول‌بندی شود. نتایج این مسائل اطلاعات لازم برای بدست آوردن استراتژی پیشنهاددهی بهینه را می‌دهد. همچنین مشابه مقاله [۱۹] در مقاله [۲۰] نیز روش بهینه سازی مقاوم برای مدل‌سازی عدم قطعیت قیمت بازار استفاده شده است. علاوه براین در این مقاله، خرده فروش برق توجه بیشتری به برنامه پاسخ‌گویی بار داشته است با هدف اینکه هزینه‌های خرید انرژی‌اش را کاهش دهد. در همین حال، با مورد توجه قرار دادن اثرات برنامه پاسخ‌گویی بار روی هزینه کل خرید انرژی، استراتژی پیشنهاددهی بهینه خرده فروش برق با در نظر گرفتن مدل زمان محور از برنامه پاسخگویی بار در بازار برق پیشنهاد شده است. نتایج این مقاله اطلاعات لازم برای بدست آوردن استراتژی پیشنهاددهی بهینه برای خرده فروش برق را با در نظر گرفتن برنامه پاسخ‌گویی بار ارائه می‌دهد.

علاوه بر مقاله‌های مرور شده قبلی، مقاله [۲۱] تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعاتی (IGDT[۳]) را بکار گرفته است تا استراتژی‌های مختلف را برای خرده فروش تحت عدم قطعیت قیمت بازار تجدید ساختار یافته را ارزیابی کند. این روش می‌تواند به عنوان ابزاری برای ارزیابی سطوح ریسک استفاده شود، با مورد توجه قرار دادن اینکه خرده فروش سیاست ریسک‌گریزی یا ریسک‌پذیری را در موضوع استراتژی میان مدتش اتخاذ کند. منابع توان شامل قراردادهای آتی، تاسیسات تولید خودی محدود و بازار حوضچه‌ای است. روش پیشنهادی نشان می‌دهد که در استراتژی مقاوم، خرید از منابع با قیمت‌های دارای عدم قطعیت کاهش می‌یابد. همچنین، قیمت فروش پیشنهادی به مصرف‌کنندگان افزایش می‌یابد، تقاضای واقعی مصرف‌کنندگان خرده فروش کاهش می‌یابد و درنتیجه آن، سود مورد انتظار خرده فروش کاهش می‌یابد.

مقاله‌های [۲۲ و ۲۳] تابع‌هدف چندگانه برای برنامه‌ریزی میان‌مدت خرده فروش در بازار برق ارائه داده‌اند. در مقاله [۲۲]، در برنامه‌ریزی میان‌مدت به منظور مشارکت در بازار، خرده فروش برق باید قیمت فروش پیشنهادی را مینیمم کند در حالیکه سود خود را ماکزیمم می‌کند. سود خرده فروش به درآمد از فروش و هزینه‌های خرید انرژی از بازارهای برق و قراردادهای دوطرفه وابسته است. در این مقاله، دو تابع هدف رقابتی به عنوان چهارچوب توابع چندهدفه جدید پیشنهاد می‌شود و با استفاده از روش محدودیت اپسیلون مجموعه جواب پارتو تولید می‌شود. عدم قطعیت قیمت‌های انرژی و تقاضای مصرف کنندگان با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو داخل محاسبات شده است. و در آخر مساله چندهدفه اتفاقی در برابر مساله قطعی حل شده است. همچنین در مقاله [۲۳] همان توابع چندگانه پیشنهادی در مقاله [۲۲] با استفاده از روش تقاطع مرز طبیعی برای تولید منحنی جواب پارتو بهینه اجرا شده است. بهترین جواب با استفاده از تصمیم‌گیرنده فازی انتخاب شده است. روش شبیه سازی مونت کارلو برای تولید سناریو بکار گرفته شده است تا مساله برنامه‌ریزی اتفاقی ایجاد شود. تجزیه بندرز به عنوان الگوریتم مقاوم جهت یافت جواب بهینه استفاده شده است.

۲-۲-۳- برنامه‌ریزی میان‌مدت با در نظر گرفتن برنامه پاسخ‌گویی بار

با مرور منابع‌های مرتبط با برنامه‌ریزی میان‌مدت خرده فروش‌ها در بازار برق، فقط مقاله‌های [۵، ۱۴، ۱۷ و ۲۰] برنامه‌های پاسخ‌گویی بار را در نظر گرفته‌اند. این نشان دهنده اینست که کارهای تحقیقاتی اندکی در ارتباط با برنامه پاسخ‌گویی بار و اثرات آن روی برنامه‌ریزی

میان‌مدت خرده فروشان برق در بازار برق انجام شده است. در مقاله [۵]، برنامه پاسخ‌گویی بار برای مقابله با نوسانات تولید منابع انرژی‌های نو از قبیل توربین بادی و سیستم‌های فتوولتائیک بکار گرفته شده است. بررسی‌های این مقاله نشان دهنده کاهش ۸ درصدی هزینه متوسط و کاهش ۱۴ درصدی هزینه بازه پرباری بخاطر تاثیر مثبت بکارگیری برنامه پاسخ‌گویی بار توسط خرده فروش برق می‌باشد. همچنین در مقاله [۱۴]، خرده فروش برق برنامه پاسخ‌گویی بار را به عنوان یک منبع تولید توان مجازی علاوه بر منابع متداول بازار برق و قراردادهای دوطرفه استفاده کرده است. به اضافه این‌ها، در مقاله [۱۷]، برنامه پاسخ‌گویی بار زمان واقعی بعنوان منابع انرژی خرده فروش مورد توجه قرار گرفته است. در مقاله [۲۰]، برنامه پاسخ‌گویی بار زمان استفاده بعنوان یک روش کارامد برای کاهش هزینه کل خرده فروش برق در بازه برنامه‌ریزی میان‌مدت پیشنهاد شده است.

۲-۳- برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت

محققان علاوه بر برنامه‌ریزی میان‌مدت خرده فروشان برق در بازار برق، مطالعاتی نیز در ارتباط با برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت خرده فروشان انجام داده و روی بررسی مساله متمرکز شده‌اند. اکثر مطالعات در این زمینه بازه برنامه‌ریزی یک‌روزه (۲۴ ساعته) و در بعضی موارد بازه‌های سه-روزه و یک‌هفته را هم در نظر گرفته‌اند. مقاله‌های [۲۴-۲۹] برنامه-ریزی کوتاه‌مدت خرده فروش‌های برق را بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها در بازار برق مورد مطالعه قرار داده‌اند. همچنین مقاله‌های [۳۰-۳۶] مشارکت کوتاه‌مدت خرده فروش‌ها را با درنظر گرفتن عدم قطعیت‌ها پیش رو با استفاده از روش‌های سناریوسازی، روش بهینه-سازی مقاوم و تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعاتی مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین مقاله‌های [۲۸ و ۲۹] مشارکت مصرف-کنندگان خرده فروش در برنامه پاسخ‌گویی بار را مورد ارزیابی قرار داده‌اند که در ادامه با جزئیات مرور می‌شود.

۲-۳-۱- برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت

تعیین استراتژی پیشنهاددهی بهینه خرده فروش در بازار برق کوتاه-مدت در مقاله [۲۴] پیشنهاد شده است. در این مقاله، خرده فروش برق را با خرید از بازار برق و عرضه آن به مصرف‌کنندگان در بازار برق کوتاه‌مدت مشارکت می‌کند. هدف خرده فروش از مشارکت در این بازار اینست که هزینه خرید انرژی از بازارهای روز قبل و روزانه را مینیمم کند. الگوریتم ژنتیک برای یافتن بهترین استراتژی خرید توسط خرده فروش برق بکار گرفته شده است.

همچنین در مقاله [۲۵]، یک مدل اقتصادی-فنی از یک خرید کننده انرژی برق در بازار برق تجدیدساختار یافته را ارائه می‌دهد. این مدل در یک مساله بهینه‌سازی برای محاسبه قیمت‌های فروش انرژی الکتریکی بهینه را نتیجه می‌دهد که سود اقتصادی بدست آمده توسط خرده فروش برق را ماکزیمم کند. این مساله در حالت‌های مختلفی بررسی شده است، که اثرات آنها روی سود خرده فروش بررسی شده است. حالت‌های مختلف از قبیل استراتژی قیمت، تخفیف در تعرفه و الاستیسیته تقاضای مصرف‌کنندگان را بررسی کرده است.

علاوه‌براین در مقاله [۲۶]، استراتژی مناسبی برای پیشنهاد قیمت بهینه به مصرف‌کنندگان برای ماکزیمم کردن سود خرده فروش پیشنهاد شده است. این استراتژی براساس روش خوشه‌بندی منحنی بار و شامل سه‌مرحله است. برای هدف خوشه‌بندی، میانگین k ام میانگین فازی وزن‌دهی شده بهبود یافته پیشنهاد شده است. همچنین در این مقاله، یک تابع پذیرش جدید برای افزایش سود خرده فروش پیشنهاد شده است. روش پیشنهادی بوسیله اجرا روی یک گروه که شامل سیصد مصرف‌کننده یک شبکه توزیع بیست کیلوولت است ارزیابی شده است.

مقاله [۲۷] روشی را ارائه کرده است تا تابع تقاضای بهینه برای خرده فروش برق را در بازار برق تعیین کند. در این مقاله فرض می‌شود که خرده فروش انرژی را از هردو بازار روز-بعد و تنظیم خریداری می‌کند و آن را به مصرف‌کنندگان از طریق قراردادهای ثابت و یا قیمت های زمان واقعی می‌فروشد. بار فرض می‌شود که حساس به قیمت باشد و خرده فروش قیمت‌پذیر است. خرده فروش از طریق مشارکت در بازار و مدیریت ریسک‌اش تلاش می‌کند تا سوداش را حداکثر کند.

برخلاف مقاله‌های مرور شده قبلی در ارتباط با برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت خرده فروش برق بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت، در مقاله [۲۸]، مساله تصمیم‌گیری کوتاه‌مدت خرده فروش برق در بازار برق به عنوان مدل بهینه‌سازی چندهدفه فرمول‌بندی شده است. خرده فروشان با دارایی‌های موجود مشخص مانند واحدهای تولیدی و ذخیره‌ساز در شبکه توزیع مورد توجه قرار می‌گیرند. با ایجاد شدن زیرساخت‌های شبکه‌های هوشمند، خرده فروشان برق قادر خواهند بود برنامه‌های پاسخ‌گویی بار مبنای تشویقی را علاوه بر دارایی‌های موجودشان بکار بگیرند تا ریسک قیمت بازار و تغییرات بار را بطور موثر مدیریت کنند. در این مدل، برنامه‌ریزی برنامه‌ی پاسخ‌گویی بار بطور همزمان با برنامه‌ریزی واحدهای تولید و ذخیرساز انجام می‌گیرد. هدف نهایی اینست تا مقادیر بهینه مشوق های مالی ساعتی ارائه شده به مصرف-کنندگان نهایی یافت شود. مدل پیشنهادی تعهدات ظرفیت که بوسیله اپراتور شبکه به خرده فروش تحمیل می‌شود را مورد توجه قرار می-دهد. خرده فروش که به دنبال ماکزیمم کردن سود خود است. همچنین دنبال مینیمم کردن پرباری تقاضا برای جلوگیری از هزینه ظرفیت بالا در فرم تعرفه شبکه یا جریمه‌های سنگین است. تابع چندهدفه پیشنهادی در این مقاله توسط الگوریتم هوشمند چندهدفه ژنتیک حل شده است.

در مقاله [۲۹] یک مدل دوسطحی برای برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت خرده فروش در بازار برق پیشنهاد شده است. در این مقاله، برنامه‌های پاسخ-گویی بار یکی از راه حل‌های جذاب برای مقابله با چالش‌هایی که در سیستم قدرت بوسیله ادغام منابع انرژی‌های نوع در سایز بزرگ مطرح می‌شود که بیشتر ناشی از طبیعت اتفاقی آن است. در میان برنامه پاسخ‌گویی بار، برنامه قیمت زمان واقعی برای مصرف‌کنندگان کوچک پتانسیل بالایی برای شیفت بار و پرباری زدایی دارد درحالیکه منجر به کاهش هزینه‌ها و ریسک برای خرده فروش برق در سیستم قدرت می-شود. بنابراین، این مقاله مدل تئوری بازی را بعنوان مساله دوسطحی پیشنهاد داده است. برای رابطه استکلبرگ بین خرده فروش‌ها و مصرف‌کنندگان در یک محیط قیمت پویا محاسبات انجام می‌گیرد. هر دو بازیگران در بازی یک مساله بهینه‌سازی را تحت قیود اتفاقی در قیمت را حل می‌کنند درحالیکه متغیرهای مربوطه باید بار مصرف کنندگان را تغذیه کنند. این مدل اجازه می‌دهد تا سیگنال قیمت دینامیکی جهت تحویل ماکزیمم سود به خرده فروش و الگوی بار بهینه برای مصرف‌کنندگان تحت همین قیمت تعیین شود. برنامه‌ریزی دوسطحی دوباره بعنوان برنامه‌ریزی خطی تک سحطی آمیخته با اعداد صحیح فرمول‌بندی می‌شود، که می‌تواند بوسیله نرم افزارهای بهینه-سازی حل شود. در این مقاله، قیمت‌های ثابت، زمان استفاده و زمان واقعی در مقایسه باهم شبیه سازی شده و نتایج آن باهم مقایسه شده است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که قیمت زمان واقعی از برنامه‌های پاسخ‌گویی بار در بدست آمدن انتقال بار بیشتر موثر است درنتیجه منجر به کاهش هزینه خرید خرده فروش می‌شود.

۲-۳-۲- برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت با در نظر گرفتن عدم قطعیت

در مقاله‌های زیر عدم قطعیت پیش روی خرده فروش که معمولا قیمت بازار برق و تقاضای مصرف‌کنندگان است در برنامه‌ریزی کوتاه مدت خرده فروش‌ها در نظر گرفته شده است. عدم قطعیت‌های موجود با استفاده از روش‌های سناریو [۳۰-۳۳]، روش بهینه‌سازی مقاوم [۳۴ و ۳۵] و تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعاتی [۳۶] مدل-سازی شده‌اند که در ادامه با جزئیات بررسی می‌شود.

مقاله [۳۰] خطای مدل سازمانی خرده فروش را بیان کننده عدم صلاحیت ساختار سازمانی معرفی می‌کند برای اینکه ترکیب منابع انرژی و ریسک‌های بازار را بطور مناسب در محیط بازار مدیریت کند. بخاطر ابعاد ساختاری ریسک‌های بازار برق، ارائه ریسک سطوح خرده فروشان ناشناخته است. این مقاله مدلی براساس دارایی‌های خرده فروش برای مدیریت ریسک خرده فروش با استفاده از مدل VaR[۴] را ارائه کرده است.

در مقاله [۳۱]، خرده فروش برق اطلاعات ناکافی و غیرقطعی در باره میزان مصرف برق مصرف‌کنندگان در هر زمان از روز را دارد. در حالیکه عدم قطعیت تقاضا ویژگی بارز همه بازیگران بازار است. خرده فروش‌ها معمولا روی ذخیره‌ساز برای مدیریت عدم قطعیت بار تاکید می‌کنند. در بازار برق، خرده فروش برق در معرض ریسک همزمان قیمت و مقدار توان روی یک ساعت قرار دارد. در مرور بازارهای برق، مقاله‌های اندکی به ریسک همزمان قیمت و مقدار توان در بازارهای برق پرداخته‌اند. نوآوری و جذابیت این مقاله در دو بخش است. اول اینکه، این مقاله مدل های VaR و CVaR را برای ساعت‌های خاص ۳ صبح، ۶ صبح، ...، ۱۲ شب براساس داده‌های بازار برق فرانسه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ تعریف کرده است. همچنین، این مقاله این مقاله استراتژی خرید سالیانه و هفتگی خرده فروش برق را پیشنهاد داده است.

همچنین در مقاله [۳۲]، یک مدل برنامه‌ریزی خطی اتفاقی برای ساختن منحنی پیشنهاددهی تکه‌ای خطی برای ارائه به بازار برق برای خرده فروش برق پیشنهاد شده است. در این مقاله، خرده فروش برق بصورت قیمت‌پذیر رفتار می‌کند و با خرید برق از بازار و فروش آن به مصرف‌کنندگان در بازار برق مشارکت می‌کند. هدف از این مقاله اینست که هزینه مورد انتظار از خرید برق از بازار روز-بعد و بازار تعادلی کوتاه مدت مینیمم شود. در این مقاله، عدم قطعیت قیمت بازار برق با استفاده از روش سناریو مدل‌سازی شده است. همچنین، ریسک ناشی از عدم قطعیت‌ها با استفاده از روش CVaR مدل‌سازی شده است.

در مقاله [۳۳]، به منظور تعیین قیمت فروش بهینه توسط خرده فروش، آگاهی از چگونگی و زمان استفاده مصرف‌کننده از برق برای خرده فروش برق ضروری است. این اطلاعات می‌تواند در منحنی بار مصرف‌کنندگان یافت بشود. در این مقاله، یک چهارچوب سالیانه برای پیشنهاد قیمت بهینه توسط خرده فروش پیشنهاد شده است، که براساس روش خوشه‌بندی است. برای این هدف، منحنی بار مصرف-کنندگان به عنوان الگوی مصرف‌شان استفاده شده است. همچنین تابع سود به عنوان هدف بهینه سازی مساله براساس منحنی بار و با مورد توجه قراردادن CVaR برای مدل سازی ریسک تعریف می‌شود. همچنین، تابع پذیرش جدیدی برای غلبه بر مشکلات روش‌های سنتی پیشنهاد شده است. تابع هدف پیشنهادی بصورت برنامه‌ریزی غیرخطی آمیخته با اعداد صحیح مدل‌سازی شده و بوسیله نرم افزار بهینه‌سازی GAMS[۵] حل شده است.

برخلاف مقاله‌های مروری در برنامه‌ریزی کوتاه مدت خرده فروشان با درنظر گرفتن عدم قطعیت‌ها، که روش سناریوسازی برای مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها بکار گرفته شده بودند. در مقاله‌های [۳۴ و ۳۵]، روش بهینه‌سازی مقاوم برای مدل‌سازی عدم قطعیت استفاده شده است. در مقاله [۳۴]، یک مدل تصمیم‌گیری برمبنای ریسک برای خرده فروش برق قیمت‌پذیر پیشنهاد شده است. خرده فروش در بازار انرژی حوضچه‌ای شرکت کرده و سود روزانه‌اش را ماکزیمم می‌کند در

حالیکه نوسانات سودش را تحت عدم قطعیت‌های قیمت بازار محدود می‌کند. در این مقاله، یک برنامه‌ریزی خطی دو پله ای پیشنهاد شده است تا استراتژی پیشنهاددهی خرده فروش برای ارائه به بازار برق بدست آید. برای مدل‌سازی عدم قطعیت قیمت بازار برق از روش بهینه‌سازی مقاوم استفاده شده است. همچنین در مقاله [۳۵]، یک مدل دوسطحی دومرحله‌ای برای مساله توزیع توان و تعیین قیمت انرژی بوسیله خرده فروش شبکه هوشمند پیشنهاد شده است. این خرده فروش برق نقش یک عامل واسط بین بازار انرژی حوضچه‌ای و مصرف‌کنندگان را بازی می‌کند. پاسخ‌گویی بار مصرف‌کنندگان به قیمت خرده فروش بوسیله بازی استکلبرگ در مرحله اول مشخص می‌شود. بنابراین مرحله اول دو سطح دارد. پخش انرژی براساس مدل-سازی ریسک برای عدم قطعیت بازار برق بوسیله روش بهیه‌سازی مقاوم خطی مدل‌سازی شده است. بنابراین هدف عدم قطعیت در مرحله دوم است. این مدل دوسطحی پیشنهادی در مقاله با استفاده از شرایط KKT و تئوری دوگان به مساله برنامه‌ریزی خطی آمیخته با اعداد صحیح تبدیل می‌شود.

مدل برنامه‌ریزی دوسطحی برای خرده فروش صاحب تولید پراکنده در مقاله [۳۶] ارائه شده است تا برق را به مصرف‌کنندگان حساس به قیمت عرضه کند. عدم قطعیت‌ها تقاضای مصرف‌کنندگان و قیمت‌های بازار مشکلات اساسی برای خرده فروش ایجاد می‌کنند. مصرف-کنندگان می‌توانند مصرف خودشان را مطابق با قیمت فروش خرده فروش تنظیم کنند. قیمت فروش بالا سود خرده فروش را افزایش می-دهد اما مصرف مصرف‌کنندگان کاهش می‌یابد. بنابراین، خرده فروش باید یک مصالحه‌ای بین قیمت و فروش داشته باشد. در مدل پیشنهادی، قیمت فروش بهینه و استراتژی عرضه انرژی خرده فروش در سطح پایینی مساله دوسطحی مدل‌سازی شده است. مطابق با قیمت فروش پیشنهادی، مصرف انرژی بهینه مصرف کنندگان حساس به قیمت در سطح بالایی تعیین می‌شود. برای ارزیابی ریسک مالی ناشی از عدم قطعیت قیمت، تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعاتی در زیرمساله پایینی بکار گرفته می‌شود. علاوه براین، مساله بهینه سازی براساس ریسک برای خرده فروش ریسک‌پذیر و ریسک-گزیر با توابع هدف مقاومت و فرصت به ترتیب فرمول‌بندی شده است. مقاومت حل بهینه دربرابر تغییرات قیمت ارزیابی می‌شود بطوریکه سود مرتبط بیشتر از آستانه قابل قبول خرده فروش برق است.

۲-۳-۳- برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت با در نظر گرفتن برنامه پاسخ‌گویی بار

فقط مراجع [۲۸ و ۲۹] از منابع مرتبط با برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت خرده فروش‌ها در بازار برق، برنامه‌های پاسخ‌گویی بار را مورد توجه قرار داده‌اند. بعبارتی، مطالعات اندکی راجب مزایای این‌گونه برنامه‌ها و تاثیرات مثبت آن روی برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت خرده فروش‌ها انجام شده است. در مقاله [۲۸]، خرده فروش برق با استفاده از برنامه‌های پاسخ‌گویی بار مبنای تشویقی می‌تواند ریسک قیمت بازار و تغییرات بار را بطور موثر مدیریت کند. در این مقاله، برنامه‌ریزی برنامه‌ی پاسخ-گویی بار بطور همزمان با برنامه‌ریزی واحدهای تولید و ذخیره‌سازها انجام می‌گیرد. در مقاله [۲۹] نیز برنامه‌های پاسخ‌گویی بار یکی از راه حل‌های جذاب برای مقابله با چالش‌هایی که در سیستم قدرت بوسیله ادغام منابع انرژی‌های نو با ظرفیت بزرگ مطرح می‌شود. در میان برنامه پاسخ‌گویی بار، برنامه قیمت زمان واقعی برای مصرف‌کنندگان کوچک پتانسیل بالایی برای شیفت بار و پرباری زدایی دارد درحالیکه منجر به کاهش هزینه‌ها و ریسک برای خرده فروش برق در سیستم قدرت می‌شود.

۳- خلاصه مرور منابع

در این بخش، تمامی مقاله‌های مرتبط با مشارکت خرده فروش در بازار برق تا سال ۲۰۱۵ میلادی که در بخش قبلی بصورت تفصیلی مرور شد، بطور خلاصه در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است که تقسیم‌بندی براساس نوع برنامه‌ریزی، نوع مساله، تابع هدف، تعیین قیمت فروش پیشنهادی، روش حل، مدل ریسک، مدل‌سازی عدم قطعیت، پاسخ‌گویی بار و برنامه‌ریزی در محیط هوشمند تقسیم بندی شده و بطور خلاصه مقایسه شده است.

جدول (۱): مقایسه منابع مرتبط با مشارکت خرده فروش‌ها در بازار برق تا سال ۲۰۱۵ میلادی

مرجع	نوع برنامه‌ریزی	نوع مساله	تابع هدف	قیمت فروش	ابزار حل	مدل ریسک	مدلسازی عدم قطعیت	پاسخ گویی بار	فضای هوشمند
۲	بلند مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	No pricing	-	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
۳	بلند مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	No pricing	-	واریانس سود	سناریو	ندارد	ندارد
۴	میان مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	No Pricing	-	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
۵	میان مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	No Pricing	GAMS	ندارد	ندارد	TOU	ندارد
۶	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	ندارد	مونت کارلو	ندارد	ندارد

۷	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	واریانس سود	سناریو	ندارد	ندارد
۸	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	VaR	سناریو	ندارد	ندارد
۹	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	VaR	سناریو	ندارد	ندارد
۱۰	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۱۱	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۱۲	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۱۳	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۱۴	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	تشویق محور	ندارد
۱۵	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	TOU Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۱۶	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	TOU	ندارد
۱۷	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	RTP	ندارد
۱۸	میان مدت	دو سطحی	ماکزیمم کردن سود مینیمم کردن هزینه	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۱۹	میان مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	No Pricing	GAMS	ندارد	بهینه سازی مقاوم	ندارد	ندارد
۲۰	میان مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	No pricing	GAMS	ندارد	بهینه سازی مقاوم	TOU	ندارد
۲۱	میان مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	IGDT	IGDT	ندارد	ندارد
۲۲	میان مدت	چندهدفه	ماکزیمم کردن سود مینیمم کردن قیمت پیشنهاد	Fixed Pricing	GAMS	ندارد	سناریو	ندارد	ندارد
۲۳	میان مدت	چندهدفه	ماکزیمم کردن سود مینیمم کردن قیمت پیشنهادی	Fixed Pricing	GAMS	ندارد	سناریو	ندارد	ندارد
۲۴	کوتاه مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	No pricing		ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
۲۵	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
۲۶	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	24 time Pricing	GAMS	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
۲۷	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	TOU and Fixed pricing	GAMS	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
۲۸	کوتاه مدت	چندهدفه	ماکزیمم کردن سود مینیمم کردن پرباری	No Pricing	-	ندارد	ندارد	تشویق محور	ندارد
۲۹	کوتاه مدت	دوسطحی	ماکزیمم کردن سود مینیمم کردن هزینه	Fixed Pricing	GAMS	ندارد	ندارد	RTP	ندارد
۳۰	کوتاه مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	No Pricing	GAMS	VaR	سناریو	ندارد	ندارد
۳۱	کوتاه مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	No Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۳۲	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۳۳	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	CVaR	سناریو	ندارد	ندارد
۳۴	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing	GAMS	ندارد	بهینه سازی مقاوم	ندارد	ندارد
۳۵	کوتاه مدت	دو سطحی	ماکزیمم کردن سود خرده فروش ماکزیمم کردن سود مصرف کننده	24 time Pricing	-	ندارد	بهینه سازی مقاوم	تشویق محور	ندارد
۳۶	کوتاه مدت	دوسطحی	ماکزیمم کردن سود مینیمم کردن هزینه	Fixed Pricing	GAMS	IGDT	IGDT	ندارد	ندارد

جدول (۲): مقایسه منابع مرتبط با مشارکت خرده فروش‌ها در بازار برق از سال ۲۰۱۶ میلادی به بعد

مرجع	نوع برنامه‌ریزی	نوع مساله	تابع هدف	قیمت فروش	ابزار حل	مدل ریسک	مدلسازی عدم قطعیت	پاسخ گویی بار	فضای هوشمند
۳۷	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	TOU Pricing	GAMS	-	سناریو	TOU	ندارد
۳۸	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing TOU Pricing Real-time pricing	GAMS	-	سناریو	TOU	دارد
۳۹	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing TOU Pricing Real-time pricing	GAMS	-	سناریو	ندارد	دارد
۴۰	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing TOU Pricing Real-time pricing	GAMS	-	سناریو	TOU	دارد
۴۱	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing TOU Pricing Real-time pricing	GAMS	IGDT	IGDT	TOU	دارد
۴۲	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing TOU Pricing Real-time pricing	GAMS	ROA	ROA	TOU	دارد
۴۳	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم نرخ بازگشت	No pricing	GAMS	دارد	سناریو	ندارد	ندارد
۴۴	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Real-time pricing	-	دارد	سناریو	دارد	دارد
۴۵	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing TOU Pricing	-	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
۴۶	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing TOU Pricing Real-time pricing	GAMS	ندارد	بهینه سازی بازه ای	ندارد	دارد
۴۷	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Fixed Pricing TOU Pricing Real-time pricing	GAMS	ندارد	بهینه سازی بازه ای	ندارد	دارد
۴۸	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود بهبود قابلیت اطمینان	No Pricing	GAMS	IGDT	IGDT	ندارد	ندارد
۴۹	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Real-time pricing	-	CVaR	سناریو	دارد	دارد
۵۰	کوتاه مدت	تک سطحی	مینیمم کردن هزینه	-	GAMS	ندارد	بهینه سازی مقاوم	دارد	ندارد
۵۱	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Real-time pricing	-	ندارد	ندارد	دارد	ندارد
۵۲	کوتاه مدت	تک سطحی	ماکزیمم کردن سود	Real-time pricing	GAMS	دارد	سناریو	دارد	ندارد

جدول ۲ مقایسه مرور منابع مرتبط با مشارکت خرده فروش‌ها در بازار برق از سال ۲۰۱۶ میلادی به بعد را بطور خلاصه با هم مقایسه کرده است.

مقاله های خرده فروش‌های برق از سال ۲۰۱۶ میلادی به بعد با ابعاد مختلفی توسعه پیدا کردند تا اثرات انواع سیستم‌های ذخیره‌ساز، استفاده از انواع برنامه‌های پاسخ‌گویی بار، مدل‌سازی عدم قطعیت‌های مختلف با روش‌های مختلف و در نهایت مدیریت ریسک ناشی از عدم قطعیت‌ها از آن جمله هست. در [۳۷]، اثرات خودروهای برقی روی بار الکتریکی مصرف‌کنندگان توسط خرده فروش در نظر گرفته شده است. اثرات برنامه پاسخ‌گویی بار روی قیمت گذاری ثابت، زمان استفاده و زمان واقعی خرده فروش جهت افزایش سود خرده فروش در [۳۸] بررسی شده است. همچنین در همان مساله قبلی، مطاعات اثرات الکترولایزر و پیل سوختی بعنوان سیستم ذخیره‌ساز هیدروژنی و خودروهای برقی در سود خرده فروش در [۳۹] مطالعه شده است. در [۴۰]، همان مساله قبلی با درنظر گرفتن اثرات همزمان سیستم ذخیره‌ساز هیدروژنی و برنامه مدیریت مصرف بار مطالعه شده است. همان نویسندگان در مقالات [۴۱] و [۴۲] همان مساله قبلی رو با درنظر گرفتن عدم قطعیت قیمت بازار برق را به ترتیب با روش تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعتی و روش بهینه‌سازی مقاوم بررسی کرده و استراتژی‌های مختلف را در شرایط عدم اطمینان بازار برق ارائه داده اند. در [۴۳] نویسندگان نرخ بازگشت مورد انتظار خرده فروش را با درنظر گرفتن عدم قطعیت‌ها با روش سناریو ماکزیمم می-

کند و یک ریسک ترجیحی را برای خرده فروش در نظر می گیرد. استراتژی پینهاددهی بهینه خرده فروش برق جهت ارائه به بازار روز-بعد با هدف ماکزیمم کردن سود در محیط عدم قطعیت و ریسک‌های مختلف در [۴۴] بررسی شده است. در [۴۵] یک خرده فروش مجازی جهت مدیریت منابع مختلف انرژی مطالعه شده است که دنبال ماکزیمم کردن سود خود با هدف تعیین قیمت‌گذاری‌های ثابت و زمان استفاده به مصرف‌کنندگان هست. در مقاله های [۴۶] و [۴۷] سود خرده فروش ماکزیمم می‌شود درحالیکه قیمت‌گذاری مختلف ثابت، زمان استفاده زمان واقعی انجام می‌گیرد. در این مقالات روش بهینه-سازی بازه ای برای مدل‌سازی عدم قطعیت قیمت بازار برق پیشنهاد شده است که منجر به دو هدفه شدن مساله با اهداف ماکزیمم کردن سود و مینیمم کردن انحراف سود شده است که با روش‌های مجموع ضرایب وزنی و محدودیت اپسیلون حل گردیده است. در [۴۸] سود خرده فروش برق با هدف ماکزیممم کردن سود و بهبود قابلیت اطمینان مطالعه شده است و روش تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعاتی و روش تخمین دو نقطه‌ای برای مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها استفاده شده است. تعیین استراتژی خرده فروش برق بعنوان یک بازیگر استراتژیک و تاثیرگذار در قیمت بصورت مساله چند سطحی در [۴۹] مطالعه شده است که دنبال قیمت‌گذاری زمان واقعی بوده و عدم قطعیت با روش سناریو مدل‌سازی شده و مدیریت ریسک با روش CVaR انجام گرفته است. در [۵۰] یک خرده فروش برق به نمایندگی از مصرف‌کنندگان کوچک در بازار برق مشارکت کرده و هدف تامین بار با کمترین هزینه هست که از برنامه‌های مختلف مدیریت طرف تقاضا برای مدیریت بار پیک بهره می‌برد و عدم قطعیت قیمت بازار برق با روش بهینه‌سازی مقاوم مدل شده است. در [۵۱]، خرده فروش برق از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بعنوان منابع داخلی استفاده کرده و دنبال ماکزیمم کردن سود با هدف قیمت‌گذاری ساعتی برق به مصرف کنندگان هست. نهایتا، در سال ۲۰۲۰ میلادی یک روش مدیریت جدید ریسک بنام روش قیود ریسک نزولی توسط خرده فروش برق برای مدیریت و کاهش ریسک ناشی از عدم قطعیت-های مختلف قیمت بازار برق و بار مصرف‌کنندگان در [۵۲] بررسی شده است. لازم به ذکر است که طراحی قیمت زمان حقیقی با در نظرگیری عدم قطعیت منابع انرژی تجدیدپذیر و بارهای حرارتی در شبکه‌های هوشمند در [۵۳] مطالعه شده است.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله منابع مرتبط با مشارکت خرده فروش‌ها در بازار برق به سه گروه تقسیم شدند که عبارتند از: ۱- برنامه‌ریزی بلندمدت ۲- برنامه‌ریزی میان‌مدت ۳- برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت

مقاله‌های مرتبط به هر یک از این سه گروه خود به سه زیر گروه؛ ۱- بدون درنظر گرفتن عدم قطعیت‌ها ۲- با درنظر گرفتن عدم قطعیت‌ها ۳- با در نظر گرفتن برنامه پاسخ‌گویی بار تقسیم شدند.

لازم به ذکر است عدم قطعیت‌های پیش روی خرده فروش‌ها بیشتر قیمت بازار برق و بار مصرف‌کنندگان بودند که در اکثر مقاله‌های مرور شده با استفاده از روش سناریو مدل‌سازی شده بود. مقاله‌های اندکی هم با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی مقاوم و تئوری تصمیم‌گیری مبتنی بر شکاف اطلاعاتی مدل‌سازی کرده بودند. علاوه‌براین، خرده فروش‌ها از تکنولوژی‌های مختلف سیستم ذخیره‌ساز انرژی برای انعطاف پذیری بیشتر و ترکیب با منابع انرژی‌های پاک بهره برده‌اند. همچنین، انواع برنامه‌های مدیریت طرف تقاضا جهت کاهش هزینه خرید مصرف‌کنندگان و افزایش سود خرده فروش ها مطالعه و بررسی شده است. چالش‌های آینده در مقابل خرده فروش برق نحوه تعامل با سایر بازیگران بازار برق و مدل‌سازی عدم قطعیت‌های مختلف و ریسک ناشی از این عدم قطعیت‌ها در محیط نااطمینان هست که باید بررسی و تحقیق شود.

مراجع

[1] Separi F, Sheikholeslami A, Barforoshi T. Uncertainty-based Multi-objective Modeling for Short-term Demand Response Program Scheduling in the Presence of Retail Electricity Providers. Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers. 2020; 17 (4) :1-10.

[2] Xie J, Hong T, Stroud J. Long-term retail energy forecasting with consideration of residential customer attrition. IEEE Transactions on Smart Grid. 2015 Sep;6(5):2245-52.

[3] Gabriel S, Genc MF, Balakrishnan S. A simulation approach to balancing annual risk and reward in retail electrical power markets. Power Systems, IEEE Transactions on. 2002 Nov;17(4):1050-7.

[4] Nojavan S, Mehdinejad M, Zare K, Mohammadi-Ivatloo B. Energy procurement management for electricity retailer using new hybrid approach based on combined BICA–BPSO. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2015 Dec 31;73:411-9.

[5] Feuerriegel S, Neumann D. Measuring the financial impact of demand response for electricity retailers. Energy Policy. 2014 Feb 28;65:359-68.

[6] Nazari M, Foroud AA. Optimal strategy planning for a retailer considering medium and short-term decisions. International journal of Electrical power & Energy systems. 2013 Feb 28;45(1):107-16.

[7] Gabriel S, Conejo AJ, Plazas MA, Balakrishnan S. Optimal price and quantity determination for retail electric power contracts. IEEE Transactions on Power Systems. 2006 Feb 1;21(1):180-7.

[8] Karandikar RG, Khaparde SA, Kulkarni SV. Quantifying price risk of electricity retailer based on CAPM and RAROC methodology. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2007 Dec 31;29(10):803-9.

[9] Karandikar RG, Khaparde SA, Kulkarni SV. Strategic evaluation of bilateral contract for electricity retailer in restructured power market. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2010 Jun 30;32(5):457-63.

[10] Carrión M, Conejo AJ, Arroyo JM. Forward contracting and selling price determination for a retailer. Power Systems, IEEE Transactions on. 2007 Nov;22(4):2105-14.

[11] Kettunen J, Salo A, Bunn DW. Optimization of electricity retailer's contract portfolio subject to risk preferences.

International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2010 Dec 31;32(10):1135-42.
[27] Hajati M, Seifi H, Sheikh-El-Eslami MK. Optimal retailer bidding in a DA market–a new method considering risk and demand elasticity. Energy. 2011 Feb 28;36(2):1332-9.
[28] Ghazvini MA, Soares J, Horta N, Neves R, Castro R, Vale Z. A multi-objective model for scheduling of short-term incentive-based demand response programs offered by electricity retailers. Applied Energy. 2015 Aug 1;151:102-18.
[29] Zugno M, Morales JM, Pinson P, Madsen H. A bilevel model for electricity retailers' participation in a demand response market environment. Energy Economics. 2013 Mar 31;36:182-97.
[30] Boroumand RH, Zachmann G. Retailers' risk management and vertical arrangements in electricity markets. Energy Policy. 2012 Jan 31;40:465-72.
[31] Boroumand RH, Goutte S, Porcher S, Porcher T. Hedging strategies in energy markets: The case of electricity retailers. Energy Economics. 2015 Sep 30;51:503-9.
[32] Fleten SE, Pettersen E. Constructing bidding curves for a price-taking retailer in the Norwegian electricity market. Power Systems, IEEE Transactions on. 2005 May;20(2):701-8.
[33] Mahmoudi-Kohan N, Moghaddam MP, Sheikh-El-Eslami MK. An annual framework for clustering-based pricing for an electricity retailer. Electric Power Systems Research. 2010 Sep 30;80(9):1042-8.
[34] Wei W, Liu F, Mei S. Offering Non-Dominated Strategies Under Uncertain Market Prices.
[35] Wei W, Liu F, Mei S. Energy Pricing and Dispatch for Smart Grid Retailers Under Demand Response and Market Price Uncertainty. Smart Grid, IEEE Transactions on. 2015 May;6(3):1364-74.
[36] Khojasteh M, Jadid S. Decision-making framework for supplying electricity from distributed generation-owning retailers to price-sensitive customers. Utilities Policy. 2015 Mar 31.
[37] Badri A, Hoseinpour Lonbar K. A short- term optimal decision making framework of an electricity retailer considering optimized EVs charging model. International Transactions on Electrical Energy Systems. 2016 Aug;26(8):1705-24.
[38] Nojavan S, Zare K, Mohammadi-Ivatloo B. Optimal stochastic energy management of retailer based on selling price determination under smart grid environment in the presence of demand response program. Applied energy. 2017 Feb 1;187:449-64.
[39] Nojavan S, Zare K, Mohammadi-Ivatloo B. Application of fuel cell and electrolyzer as hydrogen energy storage system in energy management of electricity energy retailer in the presence of the renewable energy sources and plug-in electric vehicles. Energy conversion and management. 2017 Mar 15;136:404-17.
[40] Nojavan S, Zare K, Mohammadi-Ivatloo B. Selling price determination by electricity retailer in the smart grid under demand side management in the presence of the electrolyser and fuel cell as hydrogen storage system. International Journal of Hydrogen Energy. 2017 Feb 2;42(5):3294-308.
[41] Nojavan S, Zare K, Mohammadi-Ivatloo B. Risk-based framework for supplying electricity from renewable generation-owning retailers to price-sensitive customers using information gap decision theory. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2017 Dec 1;93:156-70.

Power Systems, IEEE Transactions on. 2010 Feb;25(1):117-28.
[12] Hatami AR, Seifi H, Sheikh-El-Eslami MK. Optimal selling price and energy procurement strategies for a retailer in an electricity market. Electric Power Systems Research. 2009 Jan 31;79(1):246-54.
[13] Ahmadi A, Charwand M, Aghaei J. Risk-constrained optimal strategy for retailer forward contract portfolio. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2013 Dec 31;53:704-13.
[14] Mahmoudi N, Eghbal M, Saha TK. Employing demand response in energy procurement plans of electricity retailers. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2014 Dec 31;63:455-60.
[15] Hatami A, Seifi H, Sheikh-El-Eslami MK. A stochastic-based decision-making framework for an electricity retailer: time-of-use pricing and electricity portfolio optimization. Power Systems, IEEE Transactions on. 2011 Nov;26(4):1808-16.
[16] García-Bertrand R. Sale prices setting tool for retailers. Smart Grid, IEEE Transactions on. 2013 Dec;4(4):2028-35.
[17] Mahmoudi N, Saha TK, Eghbal M. A new demand response scheme for electricity retailers. Electric Power Systems Research. 2014 Mar 31;108:144-52.
[18] Carrión M, Arroyo JM, Conejo AJ. A bilevel stochastic programming approach for retailer futures market trading. Power Systems, IEEE Transactions on. 2009 Aug;24(3):1446-56.
[19] Nojavan S, Mohammadi-Ivatloo B, Zare K. Robust optimization based price-taker retailer bidding strategy under pool market price uncertainty. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2015 Dec 31;73:955-63.
[20] Nojavan S, Mohammadi-Ivatloo B, Zare K. Optimal bidding strategy of electricity retailers using robust optimisation approach considering time-of-use rate demand response programs under market price uncertainties. IET Generation, Transmission & Distribution. 2015 Jan;9(4):328-38.
[21] Charwand M, Moshavash Z. Midterm decision-making framework for an electricity retailer based on Information Gap Decision Theory. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2014 Dec 31;63:185-95.
[22] Charwand M, Ahmadi A, Siano P, Dargahi V, Sarno D. Exploring the trade-off between competing objectives for electricity energy retailers through a novel multi-objective framework. Energy Conversion and Management. 2015 Feb 28;91:12-8.
[23] Charwand M, Ahmadi A, Heidari AR, Esmaeel Nezhad A. Benders decomposition and normal boundary intersection method for multiobjective decision making framework for an electricity retailer in energy markets, System Journal, IEEE Transaction on, 2014.
[24] Herranz R, Munoz San Roque A, Villar J, Campos FA. Optimal demand-side bidding strategies in electricity spot markets. Power Systems, IEEE Transactions on. 2012 Aug;27(3):1204-13.
[25] Yusta JM, Ramirez-Rosado IJ, Dominguez-Navarro JA, Perez-Vidal JM. Optimal electricity price calculation model for retailers in a deregulated market. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2005 Jul 31;27(5):437-47.
[26] Mahmoudi-Kohan N, Moghaddam MP, Sheikh-El-Eslami MK, Shayesteh E. A three-stage strategy for optimal price offering by a retailer based on clustering techniques.

[42] Nojavan S, Zare K, Mohammadi-Ivatloo B. Robust bidding and offering strategies of electricity retailer under multi-tariff pricing. Energy Economics. 2017 Oct 1;68:359-72.
[43] Charwand M, Gitizadeh M, Siano P. A new active portfolio risk management for an electricity retailer based on a drawdown risk preference. Energy. 2017 Jan 1;118:387-98.
[44] Song M, Amelin M. Purchase bidding strategy for a retailer with flexible demands in day-ahead electricity market. IEEE Transactions on Power Systems. 2016 Sep 12;32(3):1839-50.
[45] Wang Z, Li Y, Shen Y, Zhou L, Wang C. Virtual electricity retailer for residents under single electricity pricing environment. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. 2017 Mar;5(2):248-61.
[46] Nojavan S, Zare K. Optimal energy pricing for consumers by electricity retailer. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2018 Nov 1;102:401-12.
[47] Nojavan S, Zare K. Interval optimization based performance of photovoltaic/wind/FC/electrolyzer/electric vehicles in energy price determination for customers by electricity retailer. Solar Energy. 2018 Sep 1;171:580-92.
[48] Khojasteh M, Jadid S. Reliability-constraint energy acquisition strategy for electricity retailers. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2018 Oct 1;101:223-33.
[49] Song M, Amelin M. Price-maker bidding in day-ahead electricity market for a retailer with flexible demands. IEEE Transactions on power systems. 2017 Aug 17;33(2):1948-58.
[50] Nojavan S, Nourollahi R, Pashaei-Didani H, Zare K. Uncertainty-based electricity procurement by retailer using robust optimization approach in the presence of demand response exchange. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2019 Feb 1;105:237-48.
[51] do Prado JC, Qiao W. A stochastic decision-making model for an electricity retailer with intermittent renewable energy and short-term demand response. IEEE Transactions on Smart Grid. 2018 Feb 12;10(3):2581-92.
[52] Deng T, Yan W, Nojavan S, Jermsittiparsert K. Risk evaluation and retail electricity pricing using downside risk constraints method. Energy. 2020 Feb 1;192:116672.
[53] Karimi H, Jadid S. Real -Time Pricing Design Considering Uncertainty of Renewable Energy Resources and Thermal Loads in Smart Grids . Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers. 2019; 16 (1) :1-10.

زیرنویس‌ها

[1] Conditional value-at-Risk (CVaR)

[2] Karush–Kuhn–Tucker (KKT)

[3] Information Gap Decision Theory (IGDT)

[4] Value-at-Risk (VaR)

[5] General Algebraic Modeling System (GAMS)