ارائه مدلی به منظور حداکثرسازی سود خرده‌فروش در قراردادهای بازار برق مبتنی بر پاسخگویی بار و کشش قیمتی تقاضا ضمن محاسبه مقدار بهینه حد ریسک‌پذیری

کوروش آپرناک [۱]، سودابه سلیمانی*[۲]، فرامرز فقیهی[۳]، سیدبابک مظفری[۴]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی برق قدرت و کنترل، دانشکده مکانیک، برق و کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، kourosh.apornak@srbiau.ac.ir

۲-* دانشیار، گروه مهندسی برق قدرت و کنترل، دانشکده مکانیک، برق و کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، s.soleymani@srbiau.ac.ir(نویسنده مسئول)

۳- استادیار، گروه مهندسی برق قدرت و کنترل، دانشکده مکانیک، برق و کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، faramarz.faghihi@srbiau.ac.ir

۴-دانشیار، گروه مهندسی برق قدرت و کنترل، دانشکده مکانیک، برق و کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، mozafari@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۲۶

چکیده: با تغییر ساختار شبکه قدرت، نهادهای جدیدی در بازار برق ایجاد شدند که شرکت‌های خرده‌فروش از جمله آن‌ها هستند. این نهادها از بازار عمده‌فروشی برق را خریداری کرده و آن را با نرخ‌های رقابتی به مصرف‌کنندگان می‌فروشند. با توجه به نقش واسط این نهادها، اتخاذ استراتژی مناسب هم با سمت عرضه و هم با سمت تقاضا حائز اهمیت بوده و تاثیر بسزایی در تامین سود یا متحمل‌شدن ضرر دارد. در این مقاله مدلی به منظور حداکثرسازی سود خرده‌فروش ضمن محاسبه حد مجاز بهینه ریسک‌پذیری مبتنی بر قراردادهای دوجانبه، بازار حوضچه، رفتار مشترکین و کشش قیمتی تقاضا ارائه شده است. مدل ارائه شده به صورت یک مساله بهینه‌سازی و در قالب برنامه‌ریزی غیرخطی با حل‌کننده SNOPT نرم‌افزار GAMS حل شده است. نتایج حاصل از به کارگیری مدل پیشنهادی نشان از صحت نتایج و حداکثرسازی منافع خرده‌فروش نسبت به مدل پایه، دارد.

واژه‌های کلیدی: بازار برق، مدل بهینه تصمیم‌گیری، خرده‌فروش، مصرف‌کننده، پاسخگویی بار، ریسک

۱- مقدمه

خرده‌فروشان، بازیگران موثر و مهمی در بازار برق کنونی هستند، آنها به منظور تامین برق مورد نیاز برای مشترکینی که توانایی شرکت مستقیم در بازار برق را ندارند باید پاسخگو باشند و آن را با کیفیت مطلوبی به مشترکین تحت مدیریت خود برسانند. خرده‌فروشان برق مورد نیاز مشترکین تحت مدیریت خود را در طی قراردادهای دوجانبه، قراردادهای آتیه، خود تولیدی و مبتنی بر بازار حوضچه تامین می‌کنند که مورد آخر منشا اصلی عدم قطعیت در تصمیم‌گیریهای خرده‌فروش می‌باشد. خودتولیدی منابع تجدیدپذیر به خرده‌فروش کمک خواهد کرد که ضمن کاهش هزینه‌های خرید، ناپایداری‌ها در تامین انرژی نیز اصلاح شود، ضمنا درآمد ناشی از فروش ناخالص خود در بازار زمان حقیقی را نیز افزایش دهند؛ اما باید این نکته نیز مد نظر قرار گیرد و آن ماهیت تناوبی و عدم قطعیت در منابع تجدید پذیر، از جمله تصادفی بودن تابش خورشید و میزان وزش باد است و لازم است مد نظر خرده‌فروشان قرار گیرد[۱]. در این راستا پیش‌بینی دقیق میزان

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020

بار به منظور کاهش ریسک از طرف خرده‌فروشان امری مهم و ضروری می‌باشد؛ همچنین میزان تقاضا وابسته به عواملی از جمله زمان، آب و هوا و کلاس‌بندی‌های مختلف مشترکین می‌باشد. به طور معمول و سنتی می‌توان میزان بار را از روشها و تکنیک‌های آماری یا هوش مصنوعی از جمله رگرسیون، شبکه‌های عصبی، منطق فازی و سیستم‌های خبره پیش‌بینی نمود[۲]. همچنین در راستای ایجاد و تشکیل برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا، خرده‌فروشان میزان انرژی مورد نیاز خود را از قراردادهای آتیه و حوضچه تامین و خریداری می‌کردند[۳]. بنا به عدم قطعیت‌ها در قیمتهای بازار حوضچه، این گزینه از دید خرده‌فروشان به منظور استفاده در بازار روز بعد کمی غیرممکن به نظر می‌آید، بنابراین برنامه‌ریزی بر مبنای رویکرد بهینه‌سازی مقاوم در محیط شبکه‌های هوشمند با حضور پاسخگویی بار به عنوان رویکردی جدید مورد نظر قرار گرفت[۴]. پاسخگویی بار همواره به عنوان یک راهکار و مکانیزم موثر به منظور تعامل بین مشترکین یک خرده‌فروش و سایر شرکت‌کنندگان در بازار معرفی شده است. پاسخگویی بار می‌تواند به عنوان یک پاسخ مناسب از طرف مصرف‌کننده در قبال تغییرات قیمت در بازار عمده‌فروشی و یا به خطر افتادن میزان قابلیت اطمینان سیستم معرفی گردد. در ضمن پاسخگویی بار می‌تواند در قالب یک عامل مشوق نیز مصرف‌کننده را وارد برنامه‌های مدیریت مصرف نماید[۵-۶]. برنامه‌های پاسخگویی بار همچنین توسط اپراتورهای مستقل سیستم به عنوان یک منبع مناسب برای سرویسهای مهم از جمله ظرفیت، انرژی و سرویسهای جانبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برنامه‌های پاسخگویی بار قابل گسترش از مشترکین تجاری بزرگ، صنعتی بزرگ به مشترکین خرد و کوچک دارد و سبب ارتباط و تعامل میان گروههای مختلف مشترکین و سایر شرکت‌کنندگان بازار خواهد شد[۷].مهمترین سود و منفعت استفاده از این برنامه‌ها مسطح(تخت)کردن منحنی بار و کاهش هزینه انرژی در ساعات پیک می‌باشد[۸]. همچنین برنامه‌های پاسخگویی بار یک راهکار و انتخاب موثر به منظور کاهش هزینه خرده‌فروشان تحت شرایط عدم قطعیت خواهد بود. الگوریتم رقابت استعماری و بهینه‌سازی ازدحام ذرات از راهکارها برای تعیین تقاضای بهینه انرژی از طرف خرده‌فروش می‌باشد [۹] .تعیین راهکار و استراتژی بهینه برای خرده‌فروش به منظور خرید انرژی در بازار برق در کوتاه مدت از جمله تصمیم‌گیریهای مهم برای خرده‌فروشان بازار برق به شمار می‌آید[۱۰]. مساله تنظیم قراردادها میان عرضه‌کنندگان و مشترکین نهایی در جهت دستیابی به حداکثر سود خرده‌فروش با حد قابل قبولی از سطح ریسک نیز در تصمیم‌گیری خرده‌فروشان روز به روز اهمیت پیدا کرده است[۱۱] . چارچوب برنامه‌ریزی تصادفی بر مبنای قیود ریسک در قراردادهای آتیه‌ی بازار برق در جهت سود بیشینه، حد قابل قبولی از ریسک و تعیین میزان بهینه عرضه نیز در نحوه حضور خرده‌فروش در این نوع قراردادها موثر است[۱۲]. به منظور درنظر گرفتن همزمان عدم قطعیت در میزان بار و قیمت یک راهکار مبتنی بر عدم قطعیت-تصادفی دو مرحله‌ای مبتنی بر شاخص‌های ریسک مناسب خواهد بود به گونه‌ای که خرده‌فروش را به سمت برنامه‌ریزی بهینه در زمانهای مشخص شده از قبل هدایت کند[۱۳]. در این راستا راهکارهایی به منظور مدلسازی عدم قطعیت برای خرده‌فروش به منظور بیشینه سازی سود و مدیریت ریسک در سطوح مختلف ضمن مطالعه تعامل خرده‌فروش با بازار عمده فروشی نیز از اهمیت قابل توجهی در سیستمهای قدرت تجدیدساختار یافته برخوردار است[۱۴]. همچنین به منظور تعیین قیمت بهینه فروش انرژی و همچنین سیاست خرید برق از بالادست توسط خرده‌فروش یک برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط مبتنی با درنظرگیری عدم قطعیت‌ها و تصادفی بودن لازم است[۱۵]. قیود مبتنی بر ریسک مالی در قراردادهای آتی و وابسته به عدم قطعیت قیمتهای بازار برق بوده لازم است با استفاده از پایین‌ترین سطح مورد انتظار ریسک توسط مساله بهینه‌سازی تصادفی عدد صحیح مختلط مورد حل قرار گیرد[۱۶].بنابراین برنامه‌های پساخگویی بار، الگوریتمهای بهینه‌سازی در این برنامه‌ها و روشهای قیمت‌گذاری آنها همواره به عنوان روشی موثر در تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش مطرح بوده‌اند[۱۷]. از دیگر کاربردها و توسعه‌های ناشی از بهره‌مندی از برنامه‌های پاسخگویی بار، می‌توان به کنترل بارهای واسبته به ولتاژ، کنترل مصرف انرژی در ساختمانهای تجاری و مسکونی و مدیریت شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی اشاره نمود [۱۸]. یکی از تصمیم‌گیریهای بهینه استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی دو مرحله‌ای به منظور حل مساله تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش در میان مدت می‌باشد[۱۹] که لازم است خرده‌فروش درباره میزان مشارکت خود در بازار آتیه و حوضچه ضمن تعیین میزان قیمت پیشنهادی به مشترکین خود با هدف بیشینه‌سازی سود مورد انتظار خود با حد قابل قبولی از ریسک تصمیم‌گیری کند. استفاده از رویکرد نظریه بازی‌ها نیز راهکاری بهینه و مناسب به منظور بهره‌برداری از یک شبکه توزیع هنگامی که خرده‌فروش در این شبکه فعالیت می‌کند و خواستار تعیین پیشنهاددهی مناسب است، خواهد بود به طوریکه بر مبنای بازی رقابتی، خرده‌فروشان اقدام به تعیین استراتژی بهینه می‌نماید[۲۰]. همچنین جهت تعیین استراتژی قیمت‌گذاری و بهره‌برداری با در نظرگرفتن برنامه‌های پاسخگویی بار برای خرده‌فروش صاحب ریزشبکه می‌توان از رویکرد سیستمهای انرژی تجمیع یافته(مجتمع) استفاده نمود[۲۱]. اهمیت برنامه‌های پاسخگویی بار در سیستمهای قدرت تجدیدساختار یافته امری اثبات شده است. این برنامه‌ها دارای منافع هزینه‌ای و مالی بوده و هر یک از این برنامه‌ها ضمن افزایش مشارکت مصرف‌کننده به ارائه استراتژی بهینه برای خرده‌فروش جهت شرکت در بازار برق کمک خواهد نمود[۲۲]. تحلیل و بررسی تاثیر ساختار بازار و نوع قرارداد بر میزان کشش و تقاضای مصرف‌کننده نیز امری مهم در تصمیم‌گیری بهینه است. بر این اساس مدلسازی رفتار مصرف‌کننده بر مبنای ماتریس خودی و متقابل کشش لازم خواهد بود[۲۳]. در رویکردهای جدید

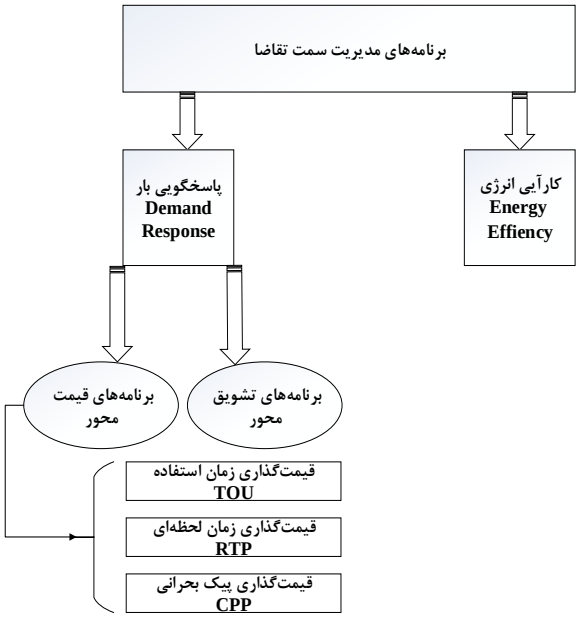
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

می‌توان به مدل جدیدی از پاسخگویی بار بر مبنای نظریه بازی اشاره نمود که این مدل مبتنی بر تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان و رقابت با یکدیگر است به گونه‌ای که رقابت بین مصرف‌کنندگان در مدیریت مصرف سبب بهره‌مندی بیشتر آنها از منافع مالی اقتصادی مدیریت سمت تقاضا شده و خرده‌فروشان نیز در قبال این رفتار مشترکین با ریسک قابل قبول و مطمئن‌تری وارد بازار شوند[۲۴]. مقابله با عدم تعادل بین حجم قرارداد خرده‌فروش و مصرف‌کننده و میزان انرژی واقعی تولیدی علی الخصوص در بازارهای ترتیبی نیز امری اجتناب ناپذیر است و در تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش باید مد نظر قرار گرفته و از دیدگاه خرده‌فروش مدلسازی گردد[۲۵].

در این مقاله ابتدا مدل فرمول‌بندی شده سود خرده‌فروش قبل از برنامه جابجایی بار و اعمال پاسخگویی بار ارائه می‌شود. پس از اصلاح قیمت، مدل فرمول‌بندی شده غیرخطی سود خرده‌فروش بعد از جابجایی بار ارائه می‌گردد. در ادامه پس از حداکثرسازی عبارت حاصل از تفاوت سود قبل و بعد از جابجایی بار، با معرفی و تبیین پارامترهای پوشش دهنده ریسک، بهینه‌سازی جهت تعیین حد مجاز ریسک‌پذیری انجام شده و نهایتا این مساله برنامه‌ریزی غیرخطی جهت حداکثرسازی منافع خرده‌فروش توسط نرم‌افزار **GAMS** و حل‌کننده مناسب بهینه می‌گردد.

۲- مدیریت سمت تقاضا در سیستمهای قدرت تجدید ساختار یافته

در سیستم‌های قدرت جاری، استفاده موثر از منابع طرف تقاضا به سبب محدودیت ها برای استفاده از منابع تولید متداول، مهم شده است. علاوه بر این، پیشرفت های اخیر در فناوری های شبکه هوشمند شامل اندازه گیری خودکار و ارتباطات، آن را برای توسعه پاسخگویی بار (DR) به همراه یک فرمت برنامه که از منابع طرف تقاضا به طور عملی استفاده می کند، عملی ساخته است. از آنجایی که شبکه هوشمند، توانایی بالقوه جهت دستیابی به گستره وسیعی از اختراعات و نوآوری در تولید و مصرف برق داشته که قادر به کاهش هزینه ها در سمت مصرف‌کننده میباشد. بروز بحرانهای انرژی ناشی از پیدایش بازار برق، لزوم به کارگیری ابزارها و روش‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی مثل کارآیی انرژی (EE) را مهم‌تر کرده است[۲۶]. هر دو برنامه‌های پاسخگویی بار و کارآیی انرژی زیرمجموعه ای از برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا می‌باشند که در شکل(۱) نشان داده شده است، در این راستا برنامه‌های پاسخگویی بار همواره به عنوان یک راهکار و مکانیزم موثر به منظور تعامل بین مشترکین یک خرده‌فروش و سایر شرکت‌کنندگان در بازار معرفی شده است. پاسخگویی بار می‌تواند به عنوان یک پاسخ مناسب از طرف مصرف‌کننده در قبال تغییرات قیمت در بازار عمده‌فروشی و یا به خطر افتادن میزان قابلیت اطمینان سیستم، معرفی گردد. بطورکلی هدف ازپاسخگویی بار، کاهش مصرف برق در ساعات بحرانی می باشد .



شکل (۱): ساختار کلی برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا

در سه روش TOU، CPP و RTP تعرفه ی برقی که باید مشترک بپردازد متناسب با هزینه ی تولید انرژی که در هر بازه تغییر می‌کند، می‌باشد. مشترکینی که در این تعرفه ها شرکت می‌کنند به نوعی مبلغ قبض خود را مدیریت کرده و با پاسخ مناسب به بار مصرفی خود مبلغ قبض پرداختی را کاهش می‌دهند در این مقاله از برنامه زمان استفاده که از زیرشاخه‌های تعرفه زمانی می‌باشد استفاده شده است. این برنامه از مرسوم ترین ترین برنامه های پاسخگویی بار متغیر با زمان می باشد. این روش از طریق تغییر در قیمت برق در ساعات مختلف مصرف‌کننده را به بهبود الگوی مصرف برق (مصرف در ساعات غیرپیک و کاهش مصرف در ساعات پیک) تشویق می کند. اجرای این روش سبب می‌شود مصرف‌کننده مصرف را با میزان قیمت تطبیق دهد. به نوعی این روش کارآمد ترین روش برای تشویق مشتریان به کاهش مصرفشان و مطلع ساختن آنها از قیمت واقعی برق در بازاراست[۲۶].

۳- مدل پیشنهادی جهت تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش در بازار برق

مدل پیشنهادی جهت تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش براساس فلوچارت شکل(۲) و مبتنی بر منافع خرده‌فروش ارائه شده است. براساس مدل پیشنهادی طبق روابط (۱) و (۲) سود خرده‌فروش عبارت خواهد بود از تفاضل میزان درآمد ناشی از فروش انرژی به مشترک و هزینه‌های ناشی از خرید انرژی در طی قراردادهای دوجانبه و POOL:

$$F_0=\sum_{t=1}^{N_T}\sum_{j=1}^{N_J}\lambda_{jt}^{c}P_{jt}^{c}L_t^{C}-\sum_{b=1}^{N_B}\lambda_b^{B}P_b^{B}L_b^{B} \quad (1)$$
$$-\sum_{\omega=1}^{N_\omega}\sum_{t=1}^{N_T}\sum_{r\in\theta_{tr}}\pi_\omega\lambda_{r\omega}^{P}L_r^{P}\left(\sum_{j=1}^{N_J}P_{jt}^{C}-\sum_{b\in\Omega_{rb}}P_b^{B}\right)$$

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

به منظور ایجاد مشارکت در برنامه‌های پاسخگویی بار و ترغیب مشترک به جابجایی بار و مصرف خود از ساعاتی با قیمت‌های بالای POOL به ساعاتی با قیمت‌های پایین‌تر، خرده‌فروش موظف است میزان قیمت فروش λ_{jt}^{c} را اصلاح نماید. پس از اصلاح قیمت فروش انرژی، سود جدید خرده‌فروش به صورت رابطه(۲) خواهد بود. یکی از معیارهای مدل پیشنهادی جهت تعیین تصمیم بهینه خرده‌فروش حداکثرسازی عبارت سود نهایی خرده‌فروش که حاصل از اختلاف میان F_0 و F_L است، می‌باشد.

$$F_L=\sum_{\omega=1}^{N_\omega}\sum_{t=1}^{N_T}\sum_{j=1}^{N_J}\pi_\omega(\lambda_{jt}^{C}+\Delta\lambda_{jt}^{c})\times(P_{jt}^{C}+\Delta P_{jt\omega}^{C})L_t^{C}- \quad (۲)$$
$$\sum_{b=1}^{N_B}\lambda_b^B P_b^B L_b^B+\sum_{\omega=1}^{N_\omega}\sum_{r=1}^{N_R}\pi_\omega\lambda_{r\omega}^{P}L_r^{P}\sum_{b\in\Omega_{rb}}P_b^B-$$
$$\sum_{\omega=1}^{N_\omega}\sum_{t=1}^{N_T}\sum_{r\in\theta_{tr}}\pi_\omega\lambda_{r\omega}^{P}L_r^{P}\sum_{j=1}^{N_j}(P_{jt}^{C}+\Delta P_{jt\omega}^{C})$$

همچنین مدلسازی و ارزیابی ریسک خرده‌فروش در این مقاله بر مبنای معیار CVaR و با استفاده از بهینه‌سازی رابطه (۳) مطرح می‌گردد[۲۷]:

$$CVaR=Maximize_{\xi,\eta_\omega\ \forall\omega}\quad \xi-\frac{1}{1-\alpha}\sum_{\omega=1}^{N}\pi_\omega\eta_\omega \quad (۳)$$

s.t

$$\eta_\omega\geq\xi-R_\omega\ ;\quad\forall\omega \quad (۴)$$
$$\eta_\omega\geq0\ ;\quad\forall\omega \quad (۵)$$

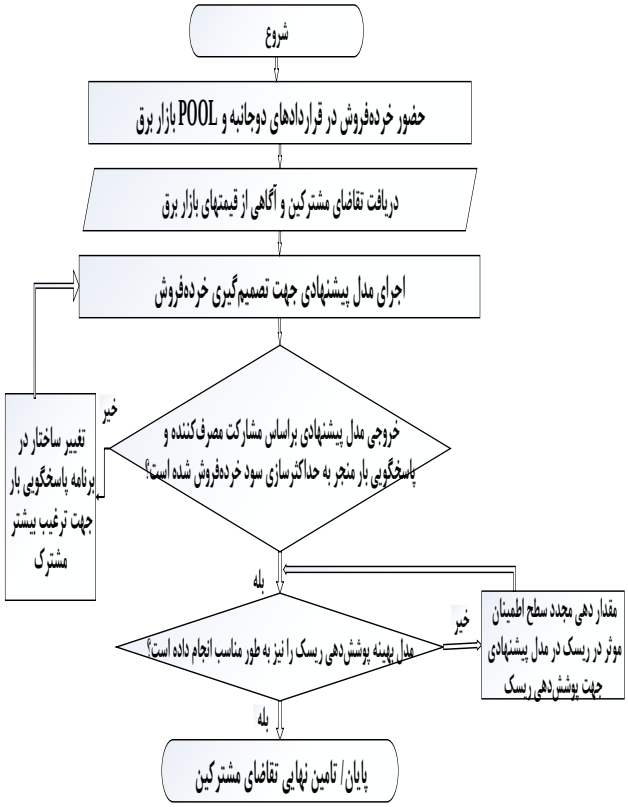
در رابطه(۴) R_ω سود خرده‌فروش بوده که براساس رابطه (۶) محاسبه شده و رابطه (۷) نیز امید ریاضی سود خرده‌فروش تعریف می‌گردد:

$$R_\omega= \quad (۶)$$
$$\sum_{t=1}^{N_T}\sum_{j=1}^{N_J}(1-E_{jt\omega})\Delta\lambda_{jt}^{c}P_{jt}^{c}L_t^{C}-\sum_{t=1}^{N_T}\sum_{j=1}^{N_j}\frac{E_{jt\omega}P_{jt}^{c}L_t^{C}}{\lambda_{jt}^{c}}\quad(\Delta\lambda_{jt}^{c})^2+$$
$$\sum_{t=1}^{N_T}\sum_{r\in\Theta_{tr}}\sum_{j=1}^{N_J}\frac{E_{jt\omega}P_{jt}^{c}}{\lambda_{jt}^{c}}L_r^{P}\lambda_{r\omega}^{P}\Delta\lambda_{jt}^{c};\ \forall\omega$$

$$EXP=\sum_{\omega=1}^{N_\omega}\pi_\omega R_\omega \quad (۷)$$

در ادامه به معرفی پارامتر (β) که شاخصی جدید برای پوشش‌دهی ریسک در مدل می‌باشد پرداخته شده است که براساس رابطه (۸)مشخص می‌شود؛ این رابطه از دو قسمت تشکیل شده است، سود مورد انتظار برای خرده‌فروش و حاصل‌ضرب CVaR و β، این رابطه در مدل پیشنهادی تصمیم‌گیری بهینه در قالب منافع خرده‌فروش ماکزیمم خواهد گشت:

$$ObjVal:\ \beta\left(\sum_{\omega=1}^{N_\omega}\pi_\omega R_\omega\right)+(1-\beta)\,CvaR \quad (۸)$$



شکل(۲): فلوچارت مدل پیشنهادی جهت تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش

۳-۱ قیود حاکم بر مدل پیشنهادی:

$$\sum_{t=1}^{N_T}\lambda_{jt}^{c}P_{jt}^{c}L_t^{C}\leq0;\qquad\forall j,\forall\omega \quad (۹)$$

$$\lambda_{jt}^{C}+\Delta\lambda_{jt}^{c}\geq0;\qquad\forall j,\forall t \quad (۱۰)$$

$$P_{jt}^{C}-\frac{E_{jt\omega}P_{jt}^{c}}{\lambda_{jt}^{c}}\Delta\lambda_{jt}^{c}\geq0\qquad\forall j,\forall t,\forall\boldsymbol{\omega} \quad (۱۱)$$

$$-aP_{jt}^{C}\leq-\frac{E_{jt\omega}P_{jt}^{c}}{\lambda_{jt}^{c}}\Delta\lambda_{jt}^{c}\leq aP_{jt}^{C}\qquad\forall j,\forall t\in\Lambda_{tm},\ \forall m,\forall\boldsymbol{\omega} \quad (۱۲)$$

قید(۹) بیانگر این است که میزان پرداختی هیچ مشترکی قابل افزایش نیست، قسمت اول رابطه بیانگر میزان پرداختی مشترک پس از اصلاح قیمت بوده در حالی که قسمت دوم رابطه بیانگر میزان پرداخت اولیه مشترک است.

قید(۱۰) بیانگر این است که قیمت فروش انرژی پس از اصلاح نباید منفی باشد.

قید(۱۱) تضمین می‌نماید که میزان مصرف هر مشترک پس از جابجایی بار مقداری مثبت می‌باشد.

قید(۱۲) میزان محدوده مجاز مصرف برای هر ماه را مشخص می‌کند.($1\leq a\leq0$)، به عبارت دیگر این قید بیانگر آن است که میزان محدوده مجاز تغییرات توان مصرفی مشترکین و دوره زمانی

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020

مجاز آن در محدوده قرارداد عقدشده بین مشترکین و خرده‌فروش تغییر می‌کند.

همچنین در روابط فوق $E_{jt\omega}$ کشش قیمتی مشترکین می‌باشد که طبق رابطه (۱۳) مدلسازی آن جهت تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش انجام شده است.

$$E_{jt\omega}=\frac{-\Delta P^{C}_{jtw}/P^{C}_{jt}}{\Delta\lambda^{C}_{jt}/\lambda^{C}_{jt}} \qquad (۱۳)$$

۴- مقادیر ورودی و تحلیل نتایج حاصل از مدل پیشنهادی

۴-۱ مقادیر ورودی در مدل پیشنهادی

در این قسمت اطلاعات و داده‌های مربوطه ارائه شده است:

۱. مدت زمان عملکرد خرده‌فروش در بازار برق در طی قرارداد دوجانبه یک ماه در نظر گرفته شده است.

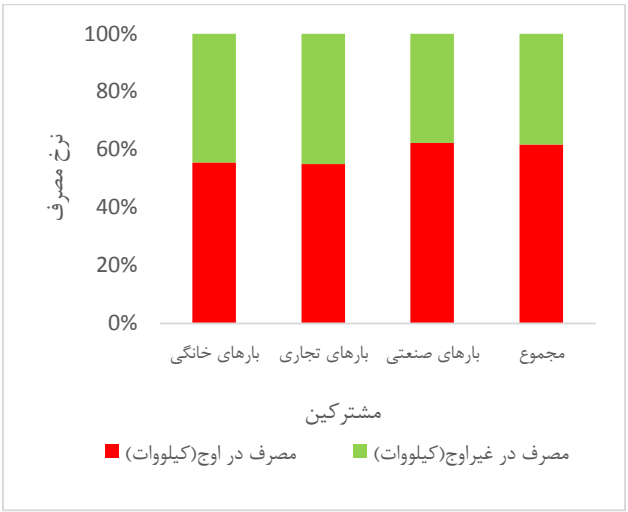
۲. قیمت‌های ساعتی بازار و قرارداد POOL در ۶ بلوک زمانی در نظر گرفته شده است.

۳. ۶ بلوک زمانی به صورت شنبه تا چهارشنبه ساعات اوج و غیراوج، پنج‌شنبه ساعات اوج و غیراوج و جمعه ساعات اوج و غیراوج در نظر گرفته شده است.

۴.تعرفه‌های زمانی مورد استفاده مبتنی بر برنامه‌های پاسخگویی بار از نوع تعرفه‌های زمان استفاده (TOU) می‌باشند.

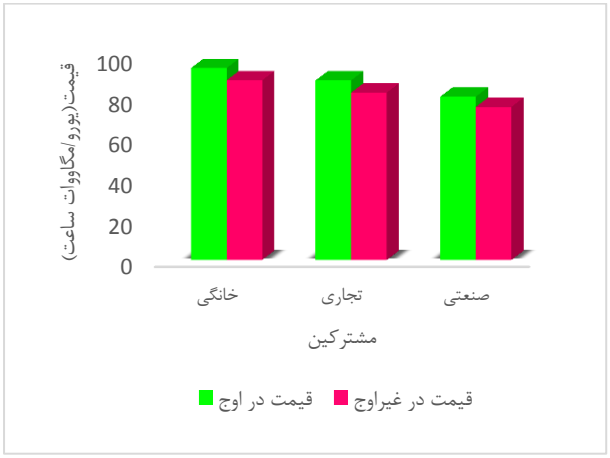
۵.خرده‌فروش انرژی الکتریکی را به سه گروه از مشترکین مختلف می‌فروشد، مشترکین خانگی، تجاری و صنعتی.

نمودار شکل(۳) بیانگر میزان مصرف هر یک از مشترکین در ساعات اوج و غیراوج می‌باشد:



شکل(۳) : نرخ مصرف مشترکین در ساعات اوج و غیراوج

نمودار شکل(۴) نیز بیانگر قیمت انرژی در ساعات اوج و غیراوج می‌باشد:

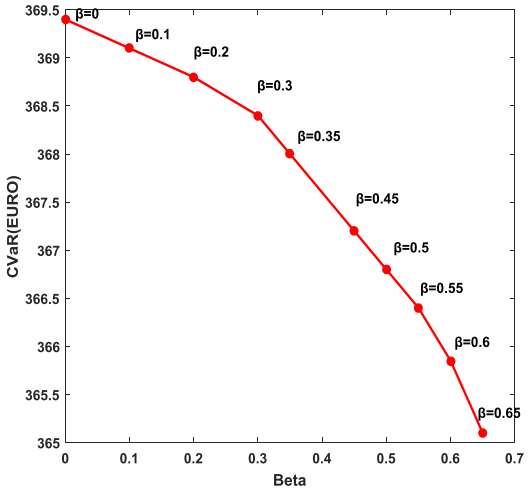


شکل(۴) : قیمت در ساعات اوج و غیراوج

۴-۲ نتایج حاصل از بهینه‌سازی مدل پیشنهادی

برنامه‌ریزی تصادفی طبق روابط و قیود (۱)-(۱۳)به منظور بررسی و تعیین تصمیم بهینه خرده‌فروش و همچنین ترغیب مشترک به جابجایی بار خود از ساعات اوج به ساعات غیراوج انجام شده است. مساله فوق از نوع برنامه‌ریزی غیرخطی بوده که با استفاده از حل‌کننده[۲۸] SNOPT تحت نرم‌افزار GAMS با RAM 8GB در سیستم عامل ویندوز تحت حل و بهینه‌سازی قرار گرفته است[۲۹]. جهت حل مدل ۳۰ سناریو برای قیمتهای POOL و ۲۰ سناریو به طور تصادفی برای الاستیسیته(کشش) مصرف‌کننده تولید شده‌اند.

شکل (۵) بیانگر تغییرات فاکتور وزنی امید ریاضی سود برحسب CVaR می‌باشد. بر این اساس با افزایش β، میزان CVaR کاهش خواهد یافت و طبق رابطه (۳)، با کاهش سطح اطمینان α، تغییرات قیمتی از سوی خرده‌فروش افزایش بیشتر خواهد شد و در نتیجه جابجایی بار از سوی مشترک نیز افزایش می‌یابد.

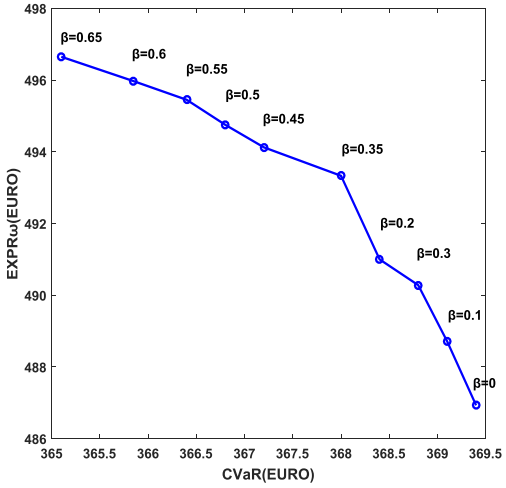


شکل(۵) تغییرات CVaR برحسب میزان تغییرات β

شکل(۶) بیانگر تغییرات CVaR در برابر سود مورد انتظار خرده‌فروش می‌باشد؛ با افزایش میزان β، میزان CVaR مرتبط با سود خرده‌فروش

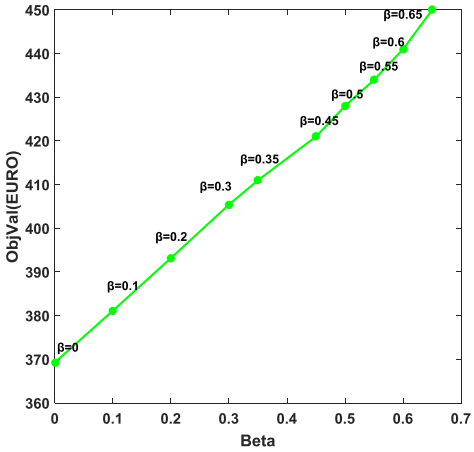
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

کاهش یافته و میزان سود مورد انتظار خرده‌فروش که براساس رابطه (۶) بیان گردیده است افزایش خواهد یافت. بر طبق این نمودار نیز با کاهش میزان CVaR، طبق رابطه (۳) میزان α نیز کاهش خواهد یافت. با کاهش میزان α تغییرات قیمت اعمالی از سوی خرده‌فروش افزایش خواهد یافت که این افزایش تغییرات قیمتی سبب پاسخگویی مناسب از سمت مصرف‌کننده و جابجایی بار خواهد شد.



شکل(۶): تغییرات سود مورد انتظار خرده‌فروش برحسب تغییرات CVaR

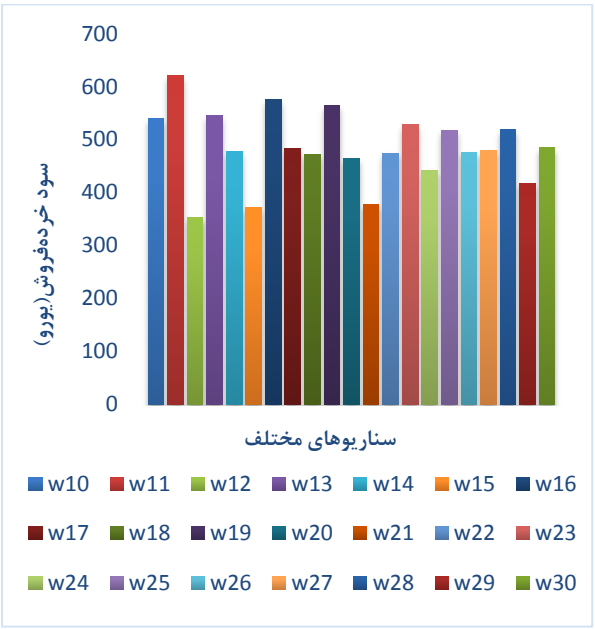
شکل (۷) بیانگر میزان تغییرات فاکتور وزنی β برحسب میزان تغییرات تابع هدف معرفی شده(رابطه(۷ و ۸)) می‌باشد.



شکل(۷): تغییرات ObjVal برحسب میزان تغییرات β

براین اساس، بر طبق نمودار (۷) با افزایش میزان β، تابع هدفی که همان رابطه (۷) بیانگر آن است افزایش می‌یابد و به عبارتی میزان سود نهایی خرده‌فروش افزایش یافته است، این افزایش سود خرده‌فروش از آنجا بدست می‌آید که سطح اطمینان α کاهش یافته است، قیمتها در ساعات پیک افزایش یافته و مشترک به منظور کاهش هزینه‌های پرداختی خود لازم است در برنامه‌های پاسخگویی بار شرکت نماید و به عبارتی مصرف خود را به ساعات غیراوج انتقال دهد، به عبارتی دیگر جابجایی بار رخ می‌دهد.

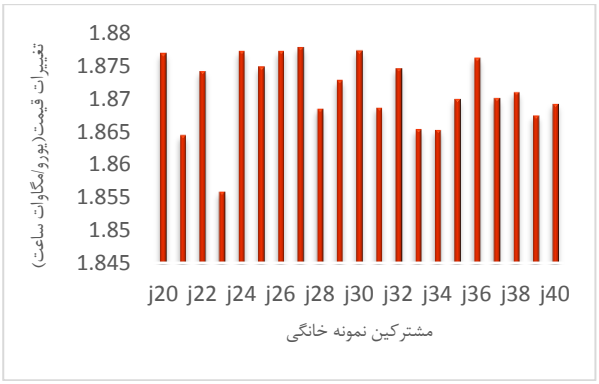
در شکل (۸) میزان سود خرده‌فروش به ازای سناریوهای مختلف که براساس رابطه(۶) در مدل پیشنهادی بدست آمده، نمایش داده شده است. براین اساس در زمانهایی که خرده‌فروش بر مبنای برنامه مناسب پاسخگویی بار مصرف‌کننده را متقاعد به جابجایی کرده است، هزینه‌های خود را کاهش داده و توانسته میزان سود خود را حداکثر نماید. روند تغییرات میزان سود خرده‌فروش همانطور که در شکل(۸) نیز مشخص است، بدلیل آنکه میزان قیمت‌های POOL در حال تغییر است، روند منظم نخواهد داشت. هر چقدر در مدل پیشنهادی خرده‌فروش و مصرف‌کننده تعامل بیشتری داشته باشند و مصرف‌کننده در برنامه‌های پاسخگویی بار به طور منظم شرکت کند، میزان سود خرده‌فروش نیز افزایش بیشتری خواهد داشت.



شکل(۸): میزان سو خرده‌فروش به ازای ۲۱ سناریو مختلفدر مدل پیشنهادی

در ادامه شکل(۹) بیانگر تغییرات قیمت برای ۲۰ مشترک خانگی به طور نمونه در طی بازه زمانی مورد مطالعه می‌باشد. براین اساس خرده‌فروش قیمت فروش را برای بازه زمانی پیک افزایش خواهد داد تا مصرف‌کننده را ترغیب نماید در ساعاتی که قیمت بازار POOL بالا است، مصرف خود را کاهش دهد، در حالی که برای ساعات غیر اوج مصرف، عکس عمل فوق انجام خواهد شد و قیمت‌های فروش از طرف خرده‌فروش در این ساعات کمتر خواهد بود. به طور کلی می‌توان بیان نمود تغییرات قیمت برای مشترکینی که میزان الاستیسیته(کشش) آنها کمتر است، بیشتر خواهد بود و بالطبع مشترکینی که علاقه‌ای به تغییر در مصرف خود ندارند نیز تغییراتی را در میزان تعرفه پرداختی خود مشاهده نخواهند کرد.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]



شکل(۹): تغییرات قیمت برای منتخبی از مشترکین خانگی

۲-۴ راستی آزمایی و بحث در نتایج

به منظور اعتبارسنجی مدل ارائه شده و راستی آزمایی در نتایج می‌توان دو حالت را با یکدیگر مقایسه نمود:

الف) تعیین میزان سود خرده‌فروش در حالت پایه

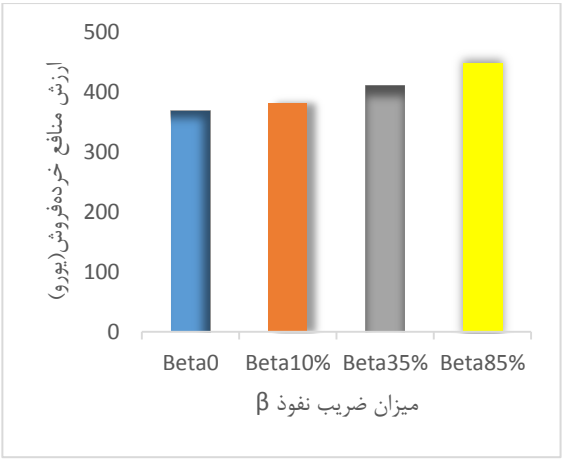
ب) تعیین میزان سود خرده‌فروش در مدل ارائه شده

منظور از مدل پایه، مدلی است که در آن پارامترهای موثر بر مدل بهینه ارائه شده در مقاله لحاظ نشده باشد.

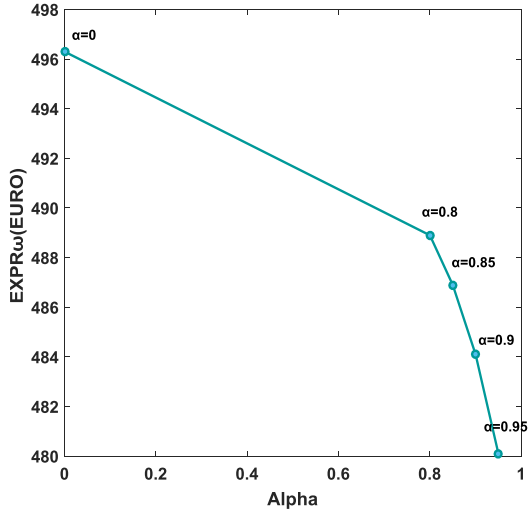
همان طور که اشاره شد یکی از پارامترهای موثر بر مدل تصمیم‌گیری بهینه β می‌باشد که در رابطه (۸) بدان اشاره شد، طبق این رابطه هدف ماکزیمم‌سازی منافع خرده‌فروش یا Objval می‌باشد.

نمودار شکل (۱۰) بیانگر منافع خرده‌فروش در حضور و عدم حضور پارامتر β می‌باشد: در این شکل نمودار آبی رنگ بیانگر حالتی است که مدل ارائه شده در مقاله به کار گرفته نشده و سود (منافع) خرده‌فروش در کمترین حالت قرار دارد، سه حالت بعدی بیانگر میزان ضریب نفوذ پارامتر β در مدل ارائه شده است، براین اساس هر چه میزان ضریب نفوذ این پارامتر در مدل مساله بیشتر می‌شود حداکثرسازی مساله سود خرده‌فروش صحیح‌تر انجام شده و منافع خرده‌فروش در بیشترین مقدار قرار خواهد گرفت به طوری که منحنی زرد رنگ بیانگر نفوذ ۸۵ درصدی این پارامتر در مدل است و سود خرده‌فروش حداکثر مقدار را بین سه مقدار دیگر خواهد داشت. بنابراین تاثیرگذاری پارامترβ بر روی مدل بهینه ارائه شده جهت تصمیم‌گیری خرده‌فروش بر طبق شکل(۱۰) اثبات می‌شود.

نمودار شکل (۱۱) نیز بیانگر میزان سود مورد انتظار خرده‌فروش در حضور و عدم حضور پارامتر پوشش‌دهنده ریسک در مدل تصمیم‌گیری بهینه ارائه شده در مقاله می‌باشد. براساس این نمودار و همچنین سود مورد انتظار خرده‌فروش که در رابطه (۷) بدان اشاره شد، در $\alpha=0$ خرده‌فروش نگرانی بابت ریسک نخواهد داشت(تمایل کامل به ریسک) و به عبارتی ریسک خنثی بوده و بالاترین سود مورد انتظار را کسب خواهد کرد. با افزایش سطح اطمینان α خرده‌فروش علاقه به پذیرش ریسک کمتری نشان داده که این عمل سبب کاهش میزان سود مورد انتظار خرده‌فروش نیز خواهد شد. در $\alpha=0.95$ (پایین‌ترین میزان تمایل به ریسک)خرده‌فروش به طور کامل ریسک‌گریز شده و تمایل بسیار کمی به ریسک از خود نشان می‌دهد که در این صورت پایین‌ترین میزان سود را کسب خواهد نمود. بنابراین همانطور که انتظار میرفت تاثیرگذاری و اعتبارسنجی پارامتر پوشش دهنده ریسک یا سطح اطمینان بر مبنای شکل(۱۱) در مدل تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش اثبات می‌گردد.



شکل(۱۰): اعتبارسنجی مدل ارائه شده بر مبنای ضریب نفوذβ



شکل(۱۱) اعتبارسنجی مدل ارائه شده برمبنای سطح اطمینان(α)

جدول(۱) نیز به بیانی دیگر بیانگر تاثیر پارامتر پوشش‌دهنده ریسک بر میزان سود نهایی خرده‌فروش در طی یک روز (۲۴ ساعت) می‌باشد. به عبارت دیگر در $\alpha=0.95$ که خرده‌فروش ریسک گریز است و براساس مدل پیشنهادی اقدام به تصمیم‌گیری نمی‌کند میزان سود در مقدار کمتری قرار خواهد داشت نسبت به حالتی که $\alpha=0$ است و تمایل کاملی به ریسک دارد(ریسک‌پذیری). بنابراین این جدول به نوعی دیگر نشان از کارآیی و صحت مدل پیشنهادی در تامین منافع و سود خرده‌فروش نسبت به مدل پایه خواهد داشت(افزایش سود نسبت به مدل پایه).

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

جدول(۱): صحت و تاثیر مدل پیشنهادی بر سود نهایی خرده‌فروش

پارامتر پوشش‌دهنده ریسک در مدل	سود نهایی خرده‌فروش پس از اجرای بازار در ۲۴ ساعت(یورو)
Alpha0	۴۲۲
Alpha0.8	۴۲۱
Alpha0.85	۴۲۰
Alpha0.9	۴۱۸
Alpha0.95	۴۱۴

۵- نتیجه‌گیری

با افزایش میزان تقاضای مشترکین و مقررات‌زدایی در سیستم قدرت، بازار برق نیز به عنوان محلی برای تبادل انرژی از طرف متقاضیان و تامین‌کنندگان انرژی روز به روز فعالیت گسترده‌تری داشته است. خرده‌فروشان انرژی به دلیل ارتباط مستقیم با متقاضیان انرژی از یک سمت و تامین‌کنندگان انرژی از سمتی دیگر لازم است جهت ورود به قراردادهای بازار برق تصمیمات بهینه‌ای را اتخاذ نمایند. از آنجایی که هر نوع قرارداد در بازار برق دارای ویژگیهای مخصوصی می‌باشد، مدلهای مختلفی جهت تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش بنا به مدلهای قراردادی بازار برق ارائه شده است. دراین مقاله، برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی سود خرده‌فروش بر مبنای مدلی به منظور حداکثرسازی سود در قراردادهای دوجانبه، بازار POOL، برنامه مناسب پاسخگویی بار، کشش قیمتی تقاضا انجام شد. در این راستا مقدار بهینه حد مجاز ریسک‌پذیری بر مبنای پارامترهای موثر در مدلسازی ریسک تعیین و مورد بحث قرار گرفت. بر این اساس برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش بازار برق به منظور افزایش سود خود به دلیل تغییرات قیمت در بازار حوضچه، به رفتار مناسب مصرف‌کننده و مدیریت مصرف او وابستگی بیشتری پیدا می کند. بر مبنای رویکرد این مقاله، خرده‌فروش تصمیم‌گیری مناسبتری به منظور مدیریت سود خود و تقاضای مشترکین تحت نظر خود براساس حد مجاز ریسک‌پذیری داشته و میتواند بازه‌هایی که سود خود در آن بیشینه است را در طی قراردادهای مختلف و بر مبنای مشارکت دادن مصرف‌کنندگان در برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا در شبکه افزایش دهد. در تحقیقات آتی می‌توان تاثیر مدلسازی سایر برنامه‌های پاسخگویی بار، مدلسازی سایر قراردادهای متداول که خرده‌فروش در آن شرکت می‌کند را نیز در تصمیم‌گیری بهینه خرده‌فروش مورد مطالعه قرار داد.

علائم و نشانه‌های به کار رفته:

F_0 بیانگر سود خرده‌فروش قبل از جابجایی بار می‌باشد، واحد آن برحسب یورو می‌باشد.

t شاخصی است که بیانگر دوره‌های زمانی است که در آنها می‌توان با مشترک قرارداد بست.

N_T تعداد دوره‌های زمانی به منظور مبادله و داد و ستد با مشترک.

j شاخصی است که بیانگر مشترکین می‌باشد.

N_J بیانگر تعداد کل مشترکین می‌باشد.

λ_{jt}^{c} قیمت انرژی برای مشترک j برای دوره زمانی t(یورو/مگاوات ساعت)

P_{jt}^{c} توان قرارداد شده با مشترک j برای دوره زمانی t (مگاوات)

L_t^C تعداد ساعات دوره زمانی t(ساعت)

b شاخصی است مرتبط با بازه‌های زمانی که در آن بازه‌ها می‌توان از طریق قرارداد دوجانبه با مشترک تبادلات انرژی را انجام داد.

N_B تعداد دوره‌های زمانی مربوط به تبادل انرژی با مصرف‌کننده از طریق قرارداد دوجانبه

λ_b^B قیمت مربوط به قرارداد دوجانبه‌ای که خرده‌فروش با شرکتهای تولیدکننده انرژی در دوره زمانی b امضا نموده است(یورو/مگاوات ساعت)

P_b^B توان خریداری شده در طی قرارداد دوجانبه در دوره زمانی b(مگاوات)

L_b^B تعداد ساعات دوره زمانی b(ساعت)

r شاخصی است مرتبط با بازه‌های زمانی که در آن بازه‌ها می‌توان از طریق POOL با مشترک تبادلات انرژی را انجام داد.

θ_{tr} مجموعه دوره‌های زمانی r مرتبط با دوره زمانی t

$\lambda_{r\omega}^{P}$ قیمت POOL برای دوره زمانی r و سناریو ω (یورو/مگاوات ساعت)

L_r^P تعداد ساعات دوره زمانی r (ساعت)

Ω_{rb} مجموعه دوره‌های زمانیb مرتبط با دوره زمانی r

F_L بیانگر سود خرده‌فروش پس از جابجایی بار می‌باشد، واحد آن نیز برحسب یورو می‌باشد.

$\Delta\lambda_{jt}^{c}$ افزایش یا کاهش قیمت انرژی برای مشترک j در دوره زمانی t (یورو/مگاوات ساعت)

$E_{jt\omega}$ الاستیسیته یا کشش قیمتی تقاضا برای مشترک j در دوره زمانی t و سناریو ω

$\Delta P_{jt\omega}^{c}$ افزایش یا کاهش انرژی مصرف‌شده توسط مشترک j در دوره زمانی t و سناریو ω (مگاوات)

N_R تعداد دوره‌های زمانی مربوط به تبادل انرژی با مصرف‌کننده از طریق قرارداد POOL

ξ اندازه‌گیر ریسک با عنوان" ارزش در معیار ریسک"

η_ω متغیر کمکی

α سطح اطمینان و پوشش‌دهنده ریسک

N_ωتعداد سناریوها

ω شاخص بیانگر سناریوهای تعریف شده

π_ω احتمال رخداد سناریو ω

β شاخص معرفی شده در مدل تصمیم‌گیری بهینه پیشنهادی مقاله

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

مراجع

[1] A. J. Conejo, M. Carrion, and J. M. Morales, Decision Making Under Uncertainty in Electricity Markets, 1st ed. New York, NY, USA: Springer, 2010.

[2] E. A. Feinberg and D. Genethliou, "Load forecasting," in Applied Mathematics for Restructured Electric Power Systems, pp. 269–285,2005.

[3] 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. Int J Electr Power Energy Syst 2017.

[4] Mazidi M, Monsef H, Siano P. Robust day-ahead scheduling of smart distribution networks considering demand response programs. Appl Energy 2016.

[5] US Department of Energy, "Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them," Report to the United States Congress, Feb. 2006.

[6] M. H. Albadi and E. F. El-Saadany, "Demand response in electricity markets: An overview," in Proc. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Jul. 2007.

[7] PJM Demand response [Online]. Available: http://www.pjm.com/ markets-and-operations/demand-response.aspx

[8] 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. Int J Hydrogen Energy 2017.

[9] Nojavan S, Mehdinejad M, Zare K, Mohammadi-Ivatloo B. Energy procurement management for electricity retailer using new hybrid approach based on combined BICA–BPSO. Int J Electr Power Energy Syst 2015.

[10] Nazari M, Foroud AA. Optimal strategy planning for a retailer considering medium and short-term decisions. Int J Electr Power Energy Syst 2013.

[11] Gabriel SA, Conejo AJ, Plazas MA, Balakrishnan S. Optimal price and quantity determination for retail electric power contracts. IEEE Trans Power Syst 2006.

[12] Carrion M, Conejo AJ, Arroyo JM. Forward contracting and selling price determination for a retailer. IEEE Trans Power Syst 2007.

[13] Kettunen J, Salo A, Bunn DW. Optimization of electricity retailer's contract portfolio subject to risk preferences. IEEE Trans Power Syst 2010.

[14] Charwand M, Gitizadeh M, Siano P. A new active portfolio risk management for an electricity retailer based on a drawdown risk preference. Energy. 2017.

[15] 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.

[16] Ahmadi A, Charwand M, Aghaei J. Risk-constrained optimal strategy for retailer forward contract portfolio. Int J Electr Power Energy Syst 2013.

[17]] Vardakas JS, Zorba N, Verikoukis CV. A survey on demand response programs in smart grids: pricing methods and optimization algorithms. IEEE Commun Surv Tut 2015.

[18] H. Hao, C. D. Corbin, K. Kalsi, and R. G. Pratt, "Transactive control of commercial buildings for demand response," IEEE Trans. Power Systems, vol. 32, no. 1, pp. 774-783, Jan. 2017.

[19] Carrion M, Arroyo JM, Conejo AJ. A bilevel stochastic programming approach for retailer futures market trading. IEEE Trans Power Syst 2009.

[20] Marzband M, Javadi M, Pourmousavi SA, Lightbody G. An advanced retail electricity market for active distribution systems and home microgrid interoperability based on game theory. Electr Power Syst Res 2018.

[21] Jin M, Feng W, Marnay C, Spanos C. Microgrid to enable optimal distributed energy retail and end-user demand response. Appl Energy 2018.

[22] Albadi MH, El-Saadany EF. A summary of demand response in electricity markets. Electr Power Syst Res 2008.

[23] Kirschen DS, Strbac G, Cumperayot P, de Paiva Mendes D. Factoring the elasticity of demand in electricity prices. IEEE Trans Power Syst 2000.

[24] Pal S, Thakur S, Kumar R, Panigrahi BK. A strategical game theoretic based demand response model for residential consumers in a fair environment. Int J Electr Power Energy Syst 2018.

[25] Y. Jiang, J. Hou, Z. Lin, F. Wen, J. Li, C. He, C. Ji, Z. Lin, Y. Ding, and L. Yang, ''Optimal bidding strategy for a power producer under monthly pre-listing balancing mechanism in actual sequential energy dual-market in China,'' IEEE Access, vol. 7, pp. 70986–70998, 2019.

[26]H. Shareef, M. S. Ahmed, A. Mohamed and E. Al Hassan, "Review on Home Energy Management System Considering Demand Responses, Smart Technologies, and Intelligent Controllers," in IEEE Access, vol. 6, pp. 24498-24509, 2018.

[27] M. Song and M. Amelin, ''Purchase bidding strategy for a retailer with flexible demands in day-ahead electricity market, IEEE Trans. Power Syst., vol. 32, no. 3, pp. 1839–1850, May 2017.

[28] PHILIP E. GILL, WALTER MURRAY, and MICHAEL A. SAUNDERS, "SNOPT: AN SQP ALGORITHM FOR LARGE-SCALE CONSTRAINED OPTIMIZATION" SIAM Journal on Optimization,2002.

[29] R. E. Rosenthal, GAMS—A User's Guide, GAMS Development Corporation. Washington, DC, USA, 2008.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

Propose A model to maximize the Retailer Profit in Electricity Market Contracts based on Demand Response and Price Elasticity While Calculating the Optimal Value of the Risk Limitation

Kourosh Apornak[1], Soodabeh Soleymani[2*], Faramarz Faghihi[3], Babak Mozafari[4]

1-PhD Candidate- Department of Electrical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2*-Associate Professor - Department of Electrical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, s.soleymani@srbiau.ac.ir
3-Assistant Professor - Department of Electrical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4-Associate Professor - Department of Electrical Engineering, , Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.2.2]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020

Abstract: **As the power system restructured, new entities emerged in the electricity market, including retail electricity companies. These entities purchase electricity from the wholesale market and sell it to consumers at competitive pricing rate. With the intermediary role of these entities, it is important to adopt a proper strategy in dealing with supply and demand side because this proper strategy has a significant impact on profit or loss of the retailer. This paper presents a model to maximize the retailer profit while calculating the optimal risk limitation based on bilateral contracts, pool market, customer's behavior and price elasticity of demand. The proposed model in the form of optimization problem solved as a nonlinear programming with SNOPT solver of GAMS software. The results of applying the proposed model show the accuracy of the results and maximize the retailer's profit in comparison with the basic model.**

Keywords: **Electricity Market, Optimal Decision Model, Retailer, Customer, Demand Response, Risk**