تاریخ دریافت: ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۵ مرداد ۱۴۰۲ صفحات ۳۰ الی ۶۲

طراحی ساختار تعرفه‌ای برق مصرفی صنایع به منظور مدیریت اوج بار شبکه با تاکید بر مدلسازی عامل بنیان

رسول منصوری بیدکانی*
کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، asoolmansouri۷۷@gmail.com

عباس ندایی
کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، abbasnedaei@ut.ac.ir

امیر علی سیف الدین
استادیار دانشگاه تهران، saifoddin@ut.ac.ir

چکیده: رشد روز افزون مصرف برق طی سالیان اخیر موجب شده است تا مدیریت تقاضای آن به موضوعی حیاتی در حوزه انرژی تبدیل شود. یکی از بازیگران مهم در عرصه مصرف برق صنایع هستند که لزوم بیش‌ازپیش توجه به این عرصه را می‌طلبد. در سال ۱۳۹۹ میزان مصرف برق کشور در حوزه صنعت ۳۴.۷ درصد بوده است، بنابراین انجام اقداماتی که شامل تغییر در رفتار مصرف‌کنندگان انرژی الکتریکی در بخش صنعتی شود، به‌ویژه در ایام پیک مصرف موردنیاز خواهد بود. براساس تجارب جهانی، می‌توان انتظار داشت با بازنگری در ساختارهای تعرفه‌ای بخش صنعتی، الگوی مصرف در این بخش اصلاح شود. در این پژوهش یک ساختار تعرفه‌گذاری جدید با جایگزینی بسته‌های قیمتی - مقداری به‌جای تعرفه ثابت در زمان اوج مصرف پیشنهاد شده است همچنین برای سنجش اثربخشی ساختارهای تعرفه‌ای پیشنهادی، نتایج حاصل از آن برای یک شهرک صنعتی با ۶۲ مشترک در مازندران با رویکرد عامل بنیان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی نشان داد می‌توان با اعمال این ساختار به مشترکین، میانگین تقاضای اوج بار را ۲/۵۷٪ الی ۹/۵۱٪ کاهش داد.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی عامل بنیان، ساختار تعرفه‌ای، پیک شبکه برق، مدیریت مصرف انرژی، رفتار مصرف‌کنندگان

* نویسنده مسئول

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

مقدمه

در سالیان اخیر همگام با افزایش مصرف انرژی در کشورهای جهان، تولید انرژی در برخی از ایام سال نتوانسته است پاسخگوی تقاضای مصرفی باشد. این مسئله سبب شده است که علاوه بر ساخت نیروگاه‌های جدید، بر روی مدیریت مصرف انرژی [۱] نیز تأکید شود. طبق آمارهای جهانی مصرف انرژی در ایران چندین برابر بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته است (وزارت نیرو, ۱۳۹۷). از طرفی حدود ۳۵ درصد از مصرف برق کشور، در بخش صنعتی صورت می گیرد (وزارت نیرو, ۱۳۹۹)، لذا مشترکین صنعتی به دلیل سهم و اهمیت بالایی که از مصرف برق دارند، اصلی‌ترین گزینه جهت اصلاح الگوی مصرف [۲] می‌باشند.

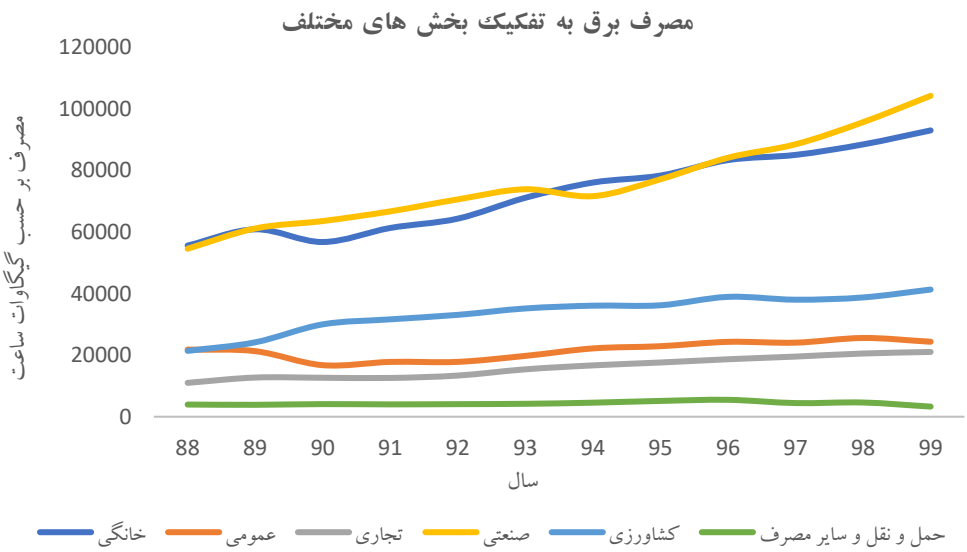
ادبیات موضوع

مطابق با آمار وزارت نیرو، تقریباً تمامی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹، میزان تقاضای مصرفی در روزهای بحرانی سال بیش از حداکثر توان تولید شبکه بوده است (وزارت نیرو, ۱۳۹۹). همچنین مطابق با ترازنامه انرژی، وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، در نمودار۱ جزئیات مصرف برق در طی سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۹ آورده شده است. مطابق با نمودار شکل ۱ مصرف برق در سال ۱۳۸۸ در مجموع ۱۶۸۴۳۸ گیگاوات ساعت بوده است که در سال ۱۳۹۹ به ۲۸۷۳۷۸ گیگاوات ساعت رسیده است. این موضوع بیانگر رشد روزافزون مصرف برق در کشور می‌باشد به طوریکه به طور میانگین هر ساله در حدود ۱۰ درصد به مصرف برق کشور افزوده شده است.

از طرفی دیگر مصرف برق در بخشی صنعتی نیز در نمودار شکل ۱ قابل‌توجه است. در سال ۱۳۸۸ مصرف برق در بخش صنعتی ۵۴۶۰۵ گیگاوات ساعت بوده است درحالی‌که این عدد در سال ۱۳۹۹ به ۱۰۴۲۹۶ گیگاوات ساعت رسیده است که نشانگر آن است که مصرف برق در بخش صنعتی از سال ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۹ در حدود دوبرابر شده است. باتوجه‌به موارد ذکر شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با رشد قابل‌توجه مصرف برق در بخش صنعتی انتظار می‌رود که این روند در سال‌های آتی نیز ادامه‌دار باشد، از طرفی اگر تمام ظرفیت نیروگاهی کشور برای تأمین حداکثر توان تولید برق موردنیاز کشور به کار گرفته شود، علاوه بر این که امنیت تولید برق کاهش می‌یابد، نیروگاه‌ها و تأسیسات برق نیز

[۱] *Energy consumption management*
[۲] *Consumption pattern*

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]



شکل ۱. نمودار مصرف برق به تفکیک بخش های مختلف (وزارت نیرو, ۱۳۹۹)

زودتر فرسوده می‌شوند (سیف الدین & سراج, ۱۳۹۹)، لذا با توجه به سهم قابل توجه حوزه صنعت، لزوم توجه هر چه بیشتر بر مدیریت مصرف برق در بخش صنعتی امری ضروری است.

اقتصاددانان معتقدند که تغییر قیمت‌ها روش مناسب برای ترغیب مصرف‌کنندگان در مصرف بهینه انرژی هستند، لذا برای جلوگیری بحران قطعی برق در ساعات پیک شبکه، توجه به شیوه‌های جدید تعرفه‌گذاری ضروری به نظر می‌رسد. در درازمدت ایجاد تعرفه‌های مختلف برای مصرف برق سبب بالاتر رفتن بهره‌وری انرژی مصرفی می‌گردد. همچنین در کوتاه‌مدت، برخی از مشتریان امکان کاهش مصرف خود و یا انتقال این مصرف به ساعات کم باری را دارا هستند (Strbac, p. ۱۹۹۶).

یک ساختار تعرفه‌ای مجموعه‌ای از قوانین و روش‌هاست که با درنظرگرفتن اطلاعات مربوطه به وضعیت مصرف انرژی، برای مشترکین صورت‌حساب صادر می‌کند؛ بنابراین قیمت برق باتوجه‌به مجموع اطلاعات از وضعیت مصرف مشترکین و الگوریتم محاسبه صورت‌حساب تعیین می‌شود. قیمت یکی از اصلی‌ترین متغیرها در شکل‌دهی به رفتار مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان است؛ بنابراین

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

مکانیزم تعرفه‌گذاری ابزاری ایده‌آل برای هماهنگی عرضه و تقاضا می‌باشد. محصول صنعت برق نیز مانند سایر کالاها در چرخه عرضه و تقاضا قرار دارد و در یک بازار بدون حضور عوامل حاشیه‌ای قوی، قیمت آن بر اساس تعادل بین عرضه و تقاضا تعیین می‌گردد. بررسی نظام تعرفه‌گذاری قیمت اوج بار در اکثر کشورها نشان می‌دهد که می‌توان غالب نظام‌های تعرفه‌گذاری برق در این کشورها را به ۴ دسته کلی تقسیم کرد (وزات نیرو, ۱۳۹۵):

- روش زمان استفاده[۱] (*TOU*): در این روش زمان استفاده به سه قسمت کم‌باری، میان‌باری و اوج بار تقسیم شده و قیمت برق نیز در هر زمان متفاوت است.
- روش قیمت لحظه‌ای واقعی[۲] (*RTP*): در این روش، قیمت‌گذاری واقعی بر اساس تقاضای مشترکین تعیین می‌شود؛ بنابراین در طول روز، قیمت‌های برق دائما در حال تغییر هستند که ممکن است حتی در هر چند دقیقه نیز متفاوت باشند.
- قیمت بحرانی اوج بار[۳] (*CPP*): در این روش برخی از روزهای سال به عنوان روز بحرانی به مشترکین اعلام می‌شود و در این روزها ممکن است قیمت زمان اوج بار نسبت به زمان معمولی تا ۶ برابر نیز افزایش یابد.
- تخفیف کاهش اوج بار[۴] (*PTR*) : در این روش بر خلاف روش‌های قبلی به جای جریمه یا افزایش قیمت برق، به مشترکینی که مقدار مصرف برق خود را در زمان اوج بار کاهش بدهند تخفیف قیمتی داده خواهد شد.

قیمت و تعرفه‌گذاری برق از اهمیت زیادی برخوردار می‌گردد؛ به‌نحوی‌که کمبود امکانات تولید، باید از طریق تعدیل منحنی تقاضا جبران شود. همچنین درصورتی‌که ساختار و سازمان تعرفه‌ای به‌گونه‌ای اعمال شود که مصرف‌کننده تشویق به تغییر الگوی مصرف خود، کاهش آن در ساعات اوج مصرف و افزایش آن در کم‌باری شود، هزینه‌های عرضه کاسته خواهند شد. (صبوری, ۱۳۹۵).

---

[۱] *Time Of Using*
[۲] *Real Time Pricing*
[۳] *Critical Peak Pricing*
[۴] *Peak Time Rebates*

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

پیشنه پژوهش

در داخل کشور پژوهش و تحقیقات محدودی بر روی این موضوعات انجام شده است. غالب پژوهش‌های انجام شده نیز بر روی قیمت‌گذاری برق خانگی تمرکز دارند. در همین راستا هوشمند و خلیل‌زاده جهت مدیریت مصرف‌کننده‌ها یک الگوریتم قیمت‌گذاری زمان واقعی[1] بر اساس بازار برق شبکه ارائه دادند. الگوریتم قیمت‌گذاری زمان واقعی ارائه شده تعامل بین مشترکین و تولیدکننده را مدیریت کرده و مصرف بهینه‌ای که منجر به حداکثر شدن تابع رفاه مشترکین می‌شود را می‌یابد. با استفاده از یک ساختار دوطرفه، تولیدکننده، قیمت انرژی را به مشترکین اعلام کرده و هر مشترک بر اساس قیمت اعلام شده مقدار مصرف خود را در مقدار بهینه تنظیم کرده و سپس مقدار مصرف به‌روز شده را به تولیدکننده اعلام می‌کند. تولیدکننده نیز مقدار تولید خود را تنظیم کرده و قیمت جدید را برای بازه زمانی بعدی اعلام می‌کند. نتایج نشان می‌دهد به علت افزایش چند برابری قیمت در پیک، گروهی از مشترکین خود را تحت‌فشار و اجبار قرار داده و از مصرف خود به میزان قابل‌توجهی کم کرده و لذا مقدار عددی متوسط رفاه آن‌ها منفی شده است (هوشمند & خلیل زاده, ۱۳۹۶).

در پژوهشی دیگر ده نوری و همکاران با استفاده از یک مدل تلفیقی برنامه پاسخگویی بار زمان استفاده(TOU) و مسئله توزیع بار اقتصادی هزینه-آلودگی دینامیک(DEED) نرخ قیمت بهینه در دوره های مختلف را با استفاده از الگوریتم رانش تصادفی انبوه ذرات به صورت همزمان تعیین می کند. (ده نوری, عبدی, & محمدی, ۱۴۰۲) همچنین شریفی در پژوهشی دیگر با درنظر گرفتن برنامه های DSM[2] تشویق مشترکین با استفاده از تعرفه های مختلف را طرح ریزی می کند و به بهینه سازی الگوی مصرف برق، زمان استفاده از آن و همچنین تاثیر آن بر روی منحنی بار روزانه می پردازد. (شریفی, ۱۴۰۲)

همچنین در ادامه این پژوهش‌ها سیف‌الدین و همکاران (سیف الدین & سراج, ۱۳۹۹) به طراحی یک ساختار تعرفه‌ای مبتنی بر بسته‌های قیمتی-مقداری برای پیک سایی مصرف در ایام پیک مصرف برای مشترکین خانگی پرداخته اند. در این پژوهش با توجه به زیرساخت ها و طرح های در حال اجرای

[1] *Real Time Pricing*
[2] Demand Side Management

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

کشور،ساختار تعرفه ای جدیدی که به صورت ترکیبی از برنامه پاسخگویی بار زمان استفاده و ماکسیمم تقاضا می باشد، پیشنهاد شده است.نتایج حاصل از شبیه سازی اعمال این تعرفه به مشترکین برق خانگی برای سه ماه خرداد، تیر و مرداد نشان می دهد که می توان میانگین تقاضای اوج بار را تا ۶/۱۵ درصد کاهش داد. در ادامه پژوهش با افزایش تعداد بسته‌های انرژی عرضه شده به مشترکین از ۶ به ۹ در مدل، مشخص شد ترجیحات مصرف‌کننده به سمت افزایش هزینه و مصرف انرژی می رود؛ که این مساله در نهایت منجر می شود میانگین تقاضای اوج بار در این دوره تنها ۳/۷۵ درصد کاهش یابد.

در عرصه بین‌المللی مطالعات جامع و کامل‌تری صورت گرفته است، در پژوهشی پراسانا و همکاران (۲۰۱۸) به ارائه ساختار تعرفه‌ای در دو قالب زیر کوشیده‌اند:

- ساختار تعرفه‌ای بخش خانگی به نام بلوک افزایش PT
- صرفه‌جویی در مصرف ESFIT

در ساختار PT مصرف‌کنندگان در صورت عدم رعایت سقف مصرف جریمه می‌شوند؛ اما در ساختار تعرفه‌ای ESFIT جایزه‌هایی در هنگام کاستن مقدار مشخصی از میزان مصرف برای مشترکین اعمال می‌گردد. نحوه تأثیرگذاری این تعرفه‌ها توسط دو فاکتور "کشش انگیزشی" و "کشش قیمتی " که در روابط ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند ارزیابی می‌گردد:

$$PE = \frac{(Q2 - Q1)/Q1}{(P2 - P1)/P1} \qquad (۱)$$

$$IE = \frac{(Q2 - Q1)/Q1}{I/P_1} \qquad (۲)$$

Q_1: مصرف پیش از اعمال ساختار تعرفه‌ای KWH

Q_2: مصرف پس از اعمال ساختار تعرفه‌ای KWH

P_1: قیمت برق پیش از اعمال ساختار تعرفه‌ای بر حسب واحد پولی به‌ازای هر KWH

P_2: قیمت برق پس از اعمال ساختار تعرفه‌ای بر حسب واحد پولی به‌ازای هر KWH

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

I: میزان پاداش برای کاهش مصرف بر حسب واحد پولی به‌ازای هر KWH

با ارزیابی فاکتورهای ذکر شده در ۵ کشور ایالت متحده، کانادا، ژاپن، آلمان و سوئیس مشخص گردید که مجموعاً میزان تأثیر ساختار تعرفه‌ای بر پایه جریمه (PT) بیشتر از سیستم بر پایه تشویق (ESFIT)است. در ادامه آشکار شد که تعرفه پلکانی افزایشی بیشترین تأثیر را در کشور آلمان دارا است؛ همچنین موفق‌ترین برنامه ESFIT اجرا شده نیز در کشور آمریکا بود. در این پژوهش در آخر پیشنهاد شده است که جهت تأثیرگذاری هرچه بیشتر ساختارهای تعرفه‌ای، لازم است مکانیزمی "تشویقی/جریمه‌ای" داشته باشد تا مشترکان را در صورت وصول به میزان مشخصی از صرفه‌جویی تشویق، و در صورت عدم دستیابی به آن جریمه نماید.

در پژوهش جاهد حسن (۲۰۲۳) و همکاران بهینه سازی بار ساختمان تجاری از طریق سیستم ذخیره سازی انرژی باتری(BESS) و منابع تجدید پذیر برای به حداقل رساندن هزینه صورت حساب تعرفه های مختلف بررسی می شود.نتایج نشان می دهد که نوع تعرفه می تواند تاثیر زیادی بر هزینه ها و صرفه جویی داشته باشد. همچنین در پژوهشی دیگر واناپینیت و همکاران (۲۰۲۲) ساختارهای مختلف نرخ انرژی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که با تغییر تعرفه ها می توان تقاضای برق را ۲۰ درصد تغییر داد و سطوح خدماتی بالا تا متوسط را در مقایسه با پتانسیل های فنی ارائه کرد.

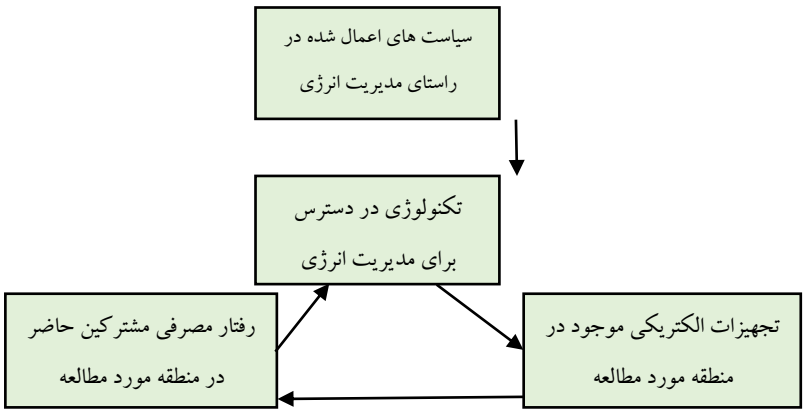
در پژوهش دیگری لین و همکاران (۲۰۱٦) در سال ۲۰۱۶ به مدل‌سازی عامل‌بنیان مصرف برق در ساختمان اداری تحت ساختار تعرفه‌ای پلکانی پرداختند. در این پژوهش در ابتدا به شبیه‌سازی الگوی مصرف برق ساختمان اداری در کشور چین پرداخته شد. در ادامه با تعریف یک فاکتور جداگانه برای عامل مصرف کننده تحت عنوان "آگاهی نسبت به صرفه جویی در انرژی" که به صورت یک تابع از تغییرات قیمتی تعریف می‌گردد پژوهش ادامه یافت. در نهایت پلکان‌های مصرف انرژی در ساختار تعرفه‌ای پلکانی افزایشی بررسی شده و کشش قیمتی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مطالعات تایال و اورز (۲۰۱۸) در زمینه تاثیر مدل تعرفه‌گذاری برق بر رفتار مصرفی مشترکین می‌باشد. آن‌ها جهت اصلاح ساختار تعرفه‌گذاری برق در بخش غربی استرالیا، طی مطالعه‌ای به ارزیابی رفتار مصرف‌کنندگان برق و قیمت‌گذاری‌های متفاوت برق خانگی پرداختند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

در نهایت یک ساختار تعرفه‌ای جدید که ترکیبی از روش‌های قیمت‌گذاری ماکزیمم تقاضا و زمان استفاده به‌دست‌آمده است. از سال ۲۰۱۸ این ساختار تعرفه‌ای برای مشترکین شرکت "هوریزون پاور" به‌صورت آزمایشی اعمال می‌شود (Econ, ۲۰۱۸) که در این طرح خرید برق به صورت "بسته محور" انجام می شود.

همچنین ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی بر روی پروفایل بار دانشگاه ناتینگهام در کشور انگلیستان کار نموده و به شبیه‌سازی پروفایل بار پرداختند. در همین راستا نوع رفتار مصرف کنندگان، تکنولوژی مدیریت انرژی ،تجهیزات الکتریکی و سیاست های اتخاذ شده برای مدیریت انرژی به عنوان ارکان مهم سیستم چند عاملی در نظر گرفته شده است.در شکل ۲ نحوه تعامل این عامل‌ها با یکدیگر و همچنین نوع عملکرد هر یک به تصویر کشیده شده است.در قدم بعدی با در نظر گرفتن مدل ایجاد شده، اثربخشی تصمیمات گوناگون مدیریت انرژی قابل پیاده‌سازی در مجموعه بر چگونگی مصرف برق ارزیابی، و پیشنهاداتی جهت افزایش بهره‌وری انرژی در مجموعه بیان شده است.



شکل ۲. مولفه های تاثیر گذار در مصرف انرژی مجتمع طبق مدل ژانگ و همکاران

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

مدل‌سازی عامل بنیان بررسی می‌شود.دلیل اصلی استفاده از مدل عامل بنیان در این پژوهش قابلیت هایی از جمله مدل کردن ارتباط بین اعضا و خصوصیات رفتاری مصرف کنندگان می باشد. بررسی ادبیات موضوع نشان می دهد که در تحقیقات اخیر این موارد کمتر مورد توجه قرار گرفته است، بنابراین مدلسازی عامل بنیان می تواند راهکاری موثر در این راستا ارائه کند. در ادامه بعد از ارزیابی و پایش داده‌ها با درنظرگرفتن پارامترهای مختلف بسته‌های قیمتی - مقداری، تعداد ۱۲ حالت مختلف پیشنهاد می‌شود و نتایج حاصل از هر حالت با نمودارهایی به نمایش درمی‌آید. **جدول ۱** مزایا و محدودیت های مدل ارائه شده در مقایسه با سایر روش های انجام شده در این زمینه را نشان می دهد.

جدول ۱. مزایا و محدودیت های مدل پژوهش(منبع:یافته های پژوهش)

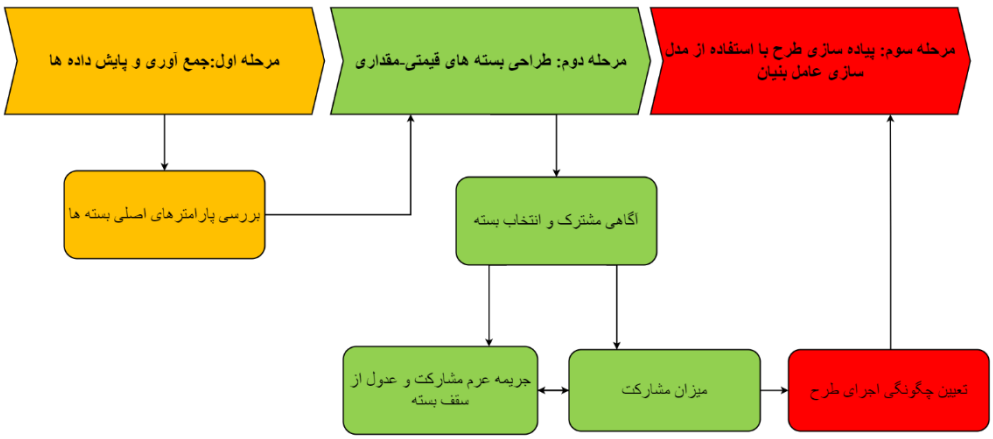
مزایا	محدودیت ها
این مدلسازی اخذ پدیده برآیند را در نظر می گیرد بدین معنی که در مدل یک الگوی پایدار ماکروسکوپی تعریف میشود که از تعاملات محلی اجزاء شکل میگیرد.	از آنجا که مدل پدیده ها و سیستمها را در سطح جزئیات مدلسازی میکنند، اغلب شامل متغیرهای متعددی هستند که باید به دقت تنظیم شوند.اما از منظر علمی برای تعداد پارامترها محدودیت وجود دارد.
مدل سازی ارائه شده از هر روش مدلسازی دیگری بیشتر به واقعیت وابسته است و از این رو ذاتا برای شبیه سازی افراد و اشیاء به صورت بسیار واقعی مناسب است.	بسیاری از رفتارهایی که در چنین مدل ریاضی ارائه میگردد، به ندرت در دنیای واقعی مشاهده میشوند.بنابراین پیچیده کردن بیش از اندازه مدل با هدف نزدیکتر نمودن آن به سیستم واقعی، ممکن است منجر به نتیجه معکوس گردد
این مدلسازی رفتارها را بر اساس تعاملات مورد نظر در فاصله و جهات خاص تنظیم می کند.	

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

روش‌شناسی

هدف این پژوهش طراحی بسته‌های قیمتی - مقداری و ارزیابی عملکرد این بسته‌ها است، در همین راستا ابتدا یک شهرک صنعتی با ۶۲ مشترک در مازندران به‌عنوان محدوده مطالعاتی در نظر گرفته شده است، سپس داده‌های مربوط به ماه‌های خرداد، تیر و مرداد که در سال‌های اخیر بیشترین پیک شبکه را به خود اختصاص داده‌اند برای شهرک صنعتی مورد ارزیابی و پایش قرار گرفته و باتوجه‌به این داده‌ها جهت دستیابی به بسته‌های قیمتی - مقداری انرژی به تدوین پارامترهای تشکیل‌دهنده آن پرداخته می‌شود. در این مرحله پارامترهای مشخص‌کننده بسته‌ها از جمله مدت بسته‌ها، تعداد بسته‌ها، قیمت و اندازه بسته‌ها و همچنین جریمه عدم مشارکت در طرح و جریمه عدول از مقدار سقف بسته‌ها طراحی می‌گردد، لازم به ذکر است که میزان مشارکت اولیه در این طرح نیز که بر نتایج اثرگذار است در نظر گرفته شده است. در نهایت با متغیر درنظرگرفتن سه پارامتر اندازه بسته‌ها، قیمت بسته‌ها و میزان مشارکت اولیه، ۱۲ مدل مختلف بسته‌های قیمتی - مقداری پیشنهاد شده است. در قدم بعدی با استفاده از یک مدل عامل بنیان و پیاده‌سازی آن در نرم‌افزار متلب به بررسی اثرگذاری این ۱۲ حالت پرداخته شده است و نتایج مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است.

فلوچارت مفهومی پژوهش، چگونگی انجام مراحل و تأثیر پارامترها بر یکدیگر در شکل ۳ آمده است:



شکل ۳. دیاگرام مفهمومی پژوهش(منبع:یافته های پژوهش)

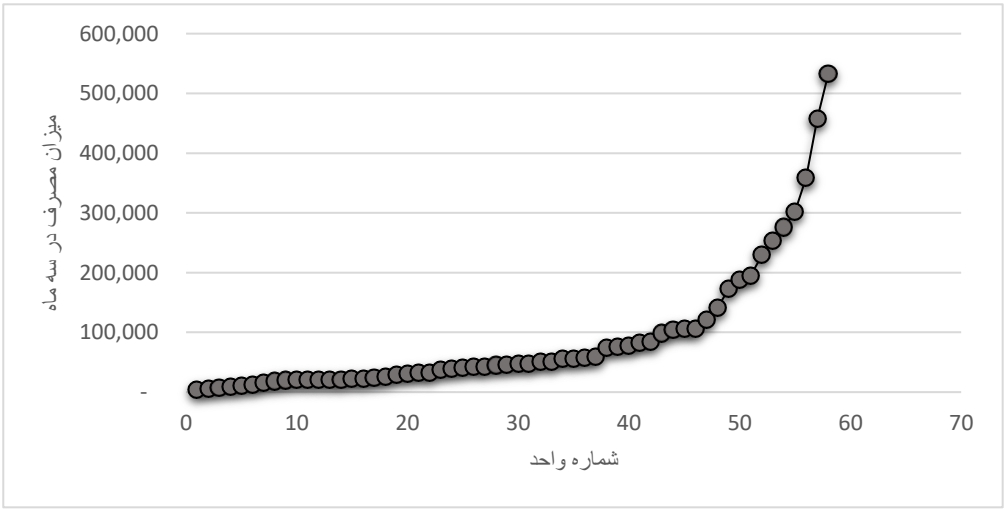
[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

داده‌های پژوهش

ابتدا اطلاعات مصرف این ۶۲ مشترک به‌صورت ساعتی و برای ۳ ماه خرداد، تیر و مرداد سال ۹۸ بررسی شد و میزان مصرف میانگین ماهیانه به کیلووات‌ساعت به‌دست‌آمده است. باتوجه‌به تنوع زیاد در میزان داده‌های مصرف برق، جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر در پژوهش با حذف داده‌های غیرمنطقی توزیع داده‌ها همگون‌سازی شده است. نمودار توزیع داده‌ها به‌صورت نمودار شکل ۳ خواهد بود.

همان‌طور که در نمودار شکل ۴ مشخص است، نزدیک به ۵۰ واحد از مصرف‌کنندگان، مصرف میانگین ماهانه کمتر از ۲۰۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت داشته‌اند و تنها ۸ مورد مصرفی بیش از این مقدار (نهایتاً تا ۵۳۲۰۰۰ کیلووات‌ساعت) دارا هستند.

در این پژوهش جهت طراحی دقیق تعرفه‌گذاری نرخ برق لازم است تا بازه هدف محدود شود، به‌طوری‌که بتوان بسته‌های قیمتی – مقداری معقول تعریف کرد. ازآنجاکه کاهش میزان مصرف در واحدهای بزرگ امری پیچیده‌تر است، هدف‌گذاری این طرح بر روی واحدهای صنعتی با مصرف کمتر خواهد بود؛ لذا بازه هدف مصرفی شرکت‌کنندگان در این طرح بین ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت در نظر گرفته می‌شود. تعداد این مشترکین برابر با ۵۱ واحد خواهد بود.



شکل ٤. نمودار توزیع مصرف در واحدهای شهرک صنعتی مازندران(منبع: یافته های پژوهش)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

فرایند طراحی ساختار تعرفه‌ای پیشنهادی

مدل پیشنهادی تعرفه‌گذاری برق در صنایع به‌صورت متفاوتی در نظر گرفته می‌شود. در مدل این پژوهش با درنظرگرفتن بسته‌های قیمتی - مقداری سعی در کنترل مصرف برق مشترکین صنعتی می‌شود. بسته‌های قیمتی - مقداری از چهار پارامتر اصلی "قیمت"، "اندازه بسته"، "تعداد بسته‌ها" و "فاصله بین بسته‌ها" تشکیل می‌شوند.

در مدل بسته‌های قیمتی - مقداری انرژی نیز همین شیوه پیاده خواهد شد. بسته‌های انرژی با اندازه انرژی متفاوت و با قیمت‌های متفاوت به فروش گذاشته خواهد شد. مشترک متناسب با عملکرد قبلی خود و نیاز خود متناسب‌ترین بسته را انتخاب خواهد کرد. این بسته‌ها طوری طراحی می‌گردد که هم میزان مصرف مشترک در پیک را کنترل کند و کاهش دهد و درعین‌حال مشترک بهای کمتری را بپردازد.

باتوجه‌به نکات گفته شده در بالا ساختار تعرفه‌ای برای مصرف صنعتی مطابق با روابط زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$Y = P + C_{off-peak} \times P' \qquad C'_{on-peak} < X \qquad (۳)$$

Y بیانگر بهای تمام شده مصرف برق مشترک صنعتی است. P بهای بسته قیمتی – مقداری است. $C_{off-peak}$ نیز بیانگر میزان مصرف مشترک در ساعات غیر پیک بوده و نهایتا 'P بیانگر بهای مصرف برق در ساعات غیر پیک می‌باشد.

درصورتی‌که مشترک قصد مصرف مقدار بیشتری برق داشته باشد می‌تواند بسته قیمتی - مقداری بالاتری را خریداری کند:

$$Y = P_2 + C_{off-peak} \times P' \qquad X < C'_{on-peak} < X_2 \qquad (٤)$$

و این روند می‌تواند تا بسته‌های بالاتری ادامه یابد.

باعرضه این بسته‌ها مشترک صنعتی با سه خروجی مواجه خواهد شد:

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

۱. مشترک بسته‌ای را انتخاب و تهیه نماید و در طول عمر آن بسته میزان مصرف مشترک از مقدار بسته فزونی نیابد.
۲. مشترک بسته‌ای را انتخاب و تهیه نماید و در طول عمر آن بسته میزان مصرف مشترک از مقدار بسته فزونی یابد.
۳. مشترک بسته‌ای را انتخاب نکند و به شیوه سنتی تعرفه برق او مورد محاسبه قرار گیرد.

باتوجه‌به اینکه نحوه محاسبه مصرف برق صنعتی از رویکرد پلکانی پیروی نمی‌کند و تنها تعرفه برق در ایام کم باری، میان باری و پرباری متفاوت است می‌توان با طراحی بسته‌های قیمتی – مقداری مناسب مشترک را به استفاده از این بسته‌ها تشویق کرد و می‌توان مورد سوم رو نادیده گرفت.

همان‌طور که گفته شد این بسته‌ها از ۴ پارامتر تشکیل شده‌اند. برای وصول به هدف کاهش انرژی طراحی این بسته‌ها باید طوری باشد که مشترک مجاب به کاهش مصرف خود در ایام پیک شود. در زیر به بررسی این ۴ پارامتر پرداخته خواهد شد سپس پارامترهای مهم دیگری نظیر «میزان مشارکت» و «جرایم طرح» که روی نتیجه اجرای طرح تعرفه‌گذاری تأثیر دارند بررسی خواهد شد.

مدت بسته

این بسته‌ها متناسب با استراتژی در پیش گرفته شده می‌تواند ساعتی، روزانه، هفتگی، ماهانه و یا حتی فصلی باشد. هر از این مدت‌ها می‌تواند خروجی متفاوتی را به دنبال خواهد داشت. جهت انتخاب بهترین مدت بسته‌های قیمتی - مقداری از روش *TOPSIS* استفاده می‌گردد. در **جدول** باتوجه‌به معیارهای تأثیرگذار مقایسه‌ای بین مدت بسته‌های مختلف شده است، همچنین بسته به اهمیت هر معیار وزن آن در جدول آمده است.

قیمت و مقدار مصرف

قیمت و مقدار مصرف یکی از مهم‌ترین پارامترها در تعیین بسته‌های قیمتی – مقداری است. این دو پارامتر در ارتباط با هم بوده و تعیین یکی بر روی دیگری اثرگذار است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

جدول۲. مقایسه کیفی بین مدت بسته های مختلف(منبع:یافته های پژوهش)

معیارهای تأثیرگذار بر مدت بسته	وزن هر معیار	مقایسه مدت بسته‌ها				
		ساعتی	روزانه	هفتگی	ماهانه	فصلی
امکان‌پذیری و وجود زیرساخت فنی	***	_	*	*	**	**
قابل مدیریت و برنامه‌ریزی	**	_	*	*	**	**
بهره‌وری در کاهش مصرف در ایام پیک	**	*	*	**	**	*
جزئی و دقیق	*	**	**	*	*	_
وجود اطلاعات آماری	***	*	*	*	**	**

در تعیین قیمت و مقدار بسته‌ها در راستای ترغیب مصرف کندگان به مشارکت در طرح و کاهش مصرف مشترکین لازم است دو نکته زیر مدنظر قرار گیرد:

۱- قیمت بسته نسبت به بهای محاسبه شده در حالت عادی برای مشترک ارجحیت داشته باشد.

۲- با افزایش مقدار بسته لازم است تا قیمت آن با نسبت بیشتری افزایش یابد. به زبان ریاضی:

$$\frac{P_2}{P_1} > \frac{X2}{X1} \qquad (۵)$$

با درنظرگرفتن این ۲ نکته سه حالت برای سقف مجاز مصرف و دو حالت برای قیمت در نظر گرفته می‌شود که در مجموع منجر به ایجاد ۶ مدل مختلف می‌شود:

- سقف مجاز مصرف:

حالت ۱، توزیع متوازن: در مدل اول توزیع اندازه بسته‌ها بین ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت نسبتاً برابر است. به‌طوری‌که ۶ بسته کمتر از ۱۰۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت و ۶ بسته بیشتر از آن هستند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

حالت ۲، تمرکز بر روی شروع: در مدل دوم فاصله بین بسته‌ها در سمت شروع بسته‌ها یعنی ۱۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت بیشتر است، به‌طوری‌که ۸ بسته از ۱۲ بسته کمتر از ۱۰۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت هستند.

حالت ۳، تمرکز بر روی پایان: در مدل سوم برعکس مدل دوم فاصله بین بسته‌ها در سمت پایان بسته‌ها یعنی ۲۰۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت بیشتر است، به‌طوری‌که ۸ بسته از ۱۲ بسته بیشتر از ۱۰۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت هستند.

- قیمت بسته:

برای قیمت نیز در هر مدل سقف مجاز مصرف دو مدل قیمتی در نظر گرفته شده است.

حالت ۱، افزایش قیمت نسبتاً تصاعدی: افزایش قیمت بسته‌ها تا حدودی تصاعدی در نظر گفته شده‌اند.

حالت ۲، افزایش قیمت کاملاً تصاعدی: در مدل دوم نسبت افزایش قیمت در بسته‌ها نسبت به مدل اول بیشتر در نظر گرفته شده است.

در مجموع ۶ مدل به‌صورت **جدول** در نظر گرفته شده است. در ادامه نتایج این ۶ مدل به‌وسیله مدل عامل بنیان بررسی می‌گردد.

تعداد و فاصله بسته‌های انرژی

با توجه به ظرفیت و تولید صنایع مختلف، واحدهای مختلف در بخش صنعت می توانند میزان مصرف بسیار متفاوتی داشته باشند.این موضوع ارزیابی و تحلیل تعرفه‌گذاری در واحدهای صنعتی را بسیار پیچیده می‌کند و ارائه یک مدل واحد برای تمام تولیدی‌ها را مختل می‌کند. در این راستا همانطور که ذکر شد لازم است تا محدوده خاصی از صنایع در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گیرند. مطابق با تعرفه گذاری های وزارت نیرو در سال ۹۸ مشترکین صنعتی به دو دسته با قدرت بیش از ۳۰ کیلووات و با قدرت کمتر از ۳۰ کیلووات طبقه‌بندی شده‌اند (تعرفه، قوانین و مقررات فروش برق, ۱۳۹۸) . در این پژوهش نیز مشترکین با قدرت ۳۰ کیلووات و کمتر مورد هدف گذاری قرار می‌گیرند که بیانگر مشترکین صنعتی کوچک و متوسط می‌باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

جدول۳. مدل های پیشنهادی برای بسته ها با در نظر گرفتن پارامترهای مقدار مصرف و قیمت(منبع:یافته های پژوهش)

توزیع متوازن سقف مجاز مصرف	سقف مجاز مصرف (هزار کیلووات‌ساعت در ماه)	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۶۰	۱۸۰	۲۰۰
	ضریب قیمتی ۱ نسبت به کوچک‌ترین بسته	۱	۱/۵	۲/۵	۳	۵	۶/۵	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۷	۲۱
	ضریب قیمتی ۲ نسبت به کوچک‌ترین بسته	۱	۱/۶	۳	۳/۵	۶	۸	۱۰	۱۳	۱۶	۱۹	۲۳	۲۹
توزیع تمرکز بر روی شروع سقف مجاز	سقف مجاز مصرف (هزار کیلووات‌ساعت در ماه)	۱۲	۱۵	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۸۰	۱۱۰	۱۴۰	۱۷۰	۲۰۰
	ضریب قیمتی ۱	۱	۱/۲	۲	۳	۴/۲	۵/۵	۷	۹	۱۱/۵	۱۴/۵	۱۸	۲۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

	نسبت به کوچک‌ترین بسته											
	ضریب قیمتی ۲ نسبت به کوچک‌ترین بسته	۱	۱/۳	۲/۲	۳/۵	۵	۷	۹/۵	۱۲/۵	۱۶	۲۰	۲۵	۳۱
توزیع تمرکز بر روی پایان سقف مجاز مصرف	سقف مجاز مصرف (هزار کیلووات‌ساعت در ماه)	۱۵	۳۰	۵۰	۸۰	۱۰۰	۱۳۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۸۰	۱۹۰	۲۰۰
	ضریب قیمتی ۱ نسبت به کوچک‌ترین بسته	۱	۲	۳/۵	۶	۸	۱۰	۱۲/۵	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰/۵	۲۳
	ضریب قیمتی ۲ نسبت به کوچک‌ترین بسته	۱	۲/۵	۴/۵	۷	۱۰	۱۳/۵	۱۶/۵	۱۸	۲۱	۲۴/۵	۲۸	۳۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

در طراحی تعداد بسته‌های انرژی باید در نظر داشت که فاصله میزان مصرف مشترک در سال قبل نزدیک به بسته خریداری شده باشد. اگر این فاصله زیاد باشد مشترک را متمایل به خرید بسته با اندازه بیشتر می‌کند و این موضوع در نهایت باعث افزایش مصرف این مشترک خواهد شد. این موضوع لزوم کاهش فاصله بین بسته‌ها را نشان می‌دهد، از طرفی اگر تعداد بسته‌ها خیلی زیاد شود، علاوه بر سردرگم شدن مشترک در تهیه بسته مدنظر، باعث کاهش بهره‌وری در برنامه کاهش پیک مصرف خواهد شد. این موضوع لزوم افزایش فاصله بین بسته‌ها را نشان می‌دهد، بنابراین جهت انتخاب مناسب‌ترین فاصله بین بسته‌ها لازم است تا هر دو موضوع مطرح شده لحاظ شود و این فاصله هر دو هدف را تأمین کند.

باتوجه‌به گستردگی بازه مصرفی در نظر گرفته شده برای مشترکین صنعتی از ۱۰،۰۰۰ تا ۲۰۰،۰۰۰، تعیین تعداد دقیق بسته‌ها امری مهم است. چهار نمونه بسته پیشنهادی با تعداد ۸ و ۱۲ و ۱۶ و ۲۰ برای این کار پیش‌بینی‌شده است. برای انتخاب بهترین گزینه از روش تاپسیس استفاده می‌شود. در **جدول** باتوجه‌به معیارهای تأثیرگذار، تعداد بسته‌های پیشنهادی به‌صورت کیفی مقایسه شده است، همچنین بسته به اهمیت هر معیار وزن آن در جدول آمده است.

جدول٤. مقایسه کیفی بین مدت های مختلف بسته های قیمتی-مقداری و وزن عوامل موثر بر تعداد بسته ها (منبع:یافته های پژوهش)

عوامل تأثیرگذار بر تعداد بسته‌ها	مقایسه تعداد بسته‌ها				
	وزن معیارهای تأثیرگذار	۸ بسته	۱۲ بسته	۱۶ بسته	۲۰ بسته
تمایل به خرید بسته با مقدار کمتر	**	*	**	**	***
بیشترین کاهش مصرف	**	***	**	**	*
عدم سردرگمی مصرف‌کننده	*	**	***	**	*
قابل مدیریت و برنامه‌ریزی	*	**	**	*	*

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

جریمه عدم مشارکت و جریمه عدول از مقدار سقف بسته

بخشی از مشترکین به دلایل مختلف در بدو اجرای طرح در آن شرکت نمی‌کنند. این موضوع می‌تواند ناشی از عدم اطلاع‌رسانی دقیق، عدم وجود انگیزه کافی برای ورود به طرح جدید و ... باشد. لذا برای افزایش مشارکت در اجرای این طرح لازم است تا جریمه‌ای برای مشترکینی که در طرح شرکت نمی‌کنند در نظر گرفته شود.

در این پژوهش جریمه عدم مشارکت بدین صورت در نظر گرفته می‌شود که اگر مشترکی در تعرفه پیشنهادی مشارکت نکند، مصرف برق مطابق تعرفه قبلی و با اعمال میزان مشخصی درصد افزایش قیمت محاسبه خواهد شد. این میزان مشخص در این پژوهش ۳۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

بخش دیگری از مشترکین وجود دارند که در طرح مشارکت می‌کنند اما نمی‌توانند سقف مجاز بسته خریداری شده را رعایت کنند و از آن میزان عدول خواهند کرد. جهت جلوگیری از این اتفاق لازم است جریمه‌ای جهت عدول از مقدار مجاز بسته خریداری شده در نظر گرفته شود.

در این پژوهش جریمه عدول از سقف بسته بدین صورت در نظر گرفته می‌شود که اگر مشترکی از سقف مجاز بسته خریداری شده عدول کند، ما به تفاوت مصرف برق نسبت به سقف مصرف متناسب با تعرفه‌ای بالاتر از تعرفه آزاد مورد محاسبه قرار می‌گردد. این میزان جریمه ۲۰ درصد بالاتر از تعرفه آزاد در نظر گرفته شده است.

لازم به ذکر است، میزان این جریمه‌ها می‌تواند متفاوت با میزان در نظر گرفته لحاظ شود که نتایج متفاوتی حاصل خواهد شد.

میزان مشارکت اولیه

میزان مشارکت اولیه در این طرح می‌تواند در نتایج حاصل از اعمال این تعرفه‌گذاری اثرگذار باشد. این بدان معنی است که بخشی از مشترکین به دلیل کاستی‌های تبلیغات و اطلاع‌رسانی از طرح جدید باخبر نخواهند شد و روند قبلی را ادامه خواهند داد. در مصارف خانگی این تأثیر به‌مراتب بیشتر است، چراکه اطلاع‌رسانی تعرفه‌گذاری جدید در میان مشترکین خانگی امری دشوارتر و زمان‌برتر است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

باتوجه‌به اینکه میزان مشارکت اولیه در مصارف صنعتی اطمینان‌پذیری بیشتری از مصارف خانگی دارد لذا در این پژوهش این متغیر در حالت خوش‌بینانه ۶۰٪ و در حالت بدبینانه ۳۰٪ در نظر گرفته می‌شود و نتایج بر این مبنا به دست می‌آید و مورد تحلیل قرار می‌گیرد. به‌مرورزمان و با اجرای این طرح میزان مشارکت افزایش‌یافته و به درصدهای بالاتر خواهد رسید.

برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی مدل عامل بنیان در محیط نرم‌افزاری

باتوجه‌به تدوین یک ساختار تعرفه‌ای جدید مبتنی بر بسته‌های قیمتی - مقداری لازم است با مدل‌سازی عرضه این بسته‌ها به مشترکین به پیش‌بینی رفتار مشترکین در قبال این ساختار تعرفه‌ای جدید بپردازیم. همان‌طور که مشخص است در این مدل‌سازی این مشترکین صنعتی هستند که در مدل‌سازی وارد شده و رفتار آن‌ها ارزیابی می‌گردد. باتوجه‌به اینکه مشترکین صنعتی موجودیت‌هایی هوشمند، مختار و مستقل هستند لذا استفاده از مدل‌سازی عامل بنیان در این پژوهش منطقی است و در این پژوهش از این شیوه استفاده می‌گردد. به‌طورکلی می‌توان مزیت استفاده از مدل‌سازی عامل بنیان در این پژوهش را نسبت به سایر روش‌های مدل‌سازی، قدرتمند بودن این روش در مدل‌سازی موجودیت‌های هوشمند و اجتماعی دانست.

برای طراحی یک مدل عامل بنیان، ابتدا باید عناصر اساسی سیستم واقعی شناسایی شده و سپس مشابه همان عناصر، عامل‌هایی در مدل شبیه‌سازی ایجاد شود. به هر یک از این عوامل، می‌توان مشخصات جدیدی را اختصاص داد. برای مثال هر مشترک در بازار برق، دارای سابقه مصرف، سطح مالی، آگاهی نسبت به مسئله مدیریت انرژی و ... منحصربه‌فرد است که در مدل‌سازی عامل بنیان باید برای هر عامل به طور جداگانه تعریف شود. پس از آن به تعریف متغیرها یا ثابت‌های عمومی در مدل پرداخته خواهد شد؛ متغیرهای تعریف شده، به‌صورت سراسری و عمومی بوده و توسط عوامل در دسترس هستند و می‌توانند در هر نقطه از یک مدل استفاده شوند. روند ساخت یک مدل عامل بنیان شامل پاسخ‌دادن به سؤالات زیر است:

۱. کدامین یک از اجزای واقعیت برای مدل موردنظر مهم هستند؟ این اجزا به‌عنوان عامل در مدل شبیه‌سازی در نظر گرفته خواهند شد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

۲. آیا بین اجزای واقعیت ارتباط معناداری وجود دارد؟ لازم است تا ارتباط بین این اجزا مشخص گردد.
۳. آیا فضایی که اجزای واقعیت در آن قرار گرفته‌اند اهمیت دارد؟ در صورت جواب مثبت، فضای مدل (چندبعدی یا گسسته) و مکان قرارگیری اجزا در فضا معین می‌گردند.
٤. رویدادهای مهم در عامل شناسایی خواهند شد. این رویدادها می‌تواند از خارج به یک عامل مورد تحمیل قرار گیرند و یا آن‌ها حوادث درون عاملی، به وجود آمده از پویایی خود عامل هستند؟
٥. آیا عامل‌ها با یکدیگر در ارتباط هستند؟ اگر بله برای طراحی الگوهای ارتباطی می‌توان از نمودار توالی پیام استفاده کرد.
٦. آیا اطلاعاتی داخل عامل موجود است که لازم باشد بین همه عوامل به اشتراک گذاشته شود؟
۷. انتظار می‌رود چه نتایجی از مدل به دست آید؟ بر مبنای نتایجی که انتظار می‌رود شاخص‌های لازم تعریف می‌گردند (سیف الدین & سراج, ۱۳۹۹).

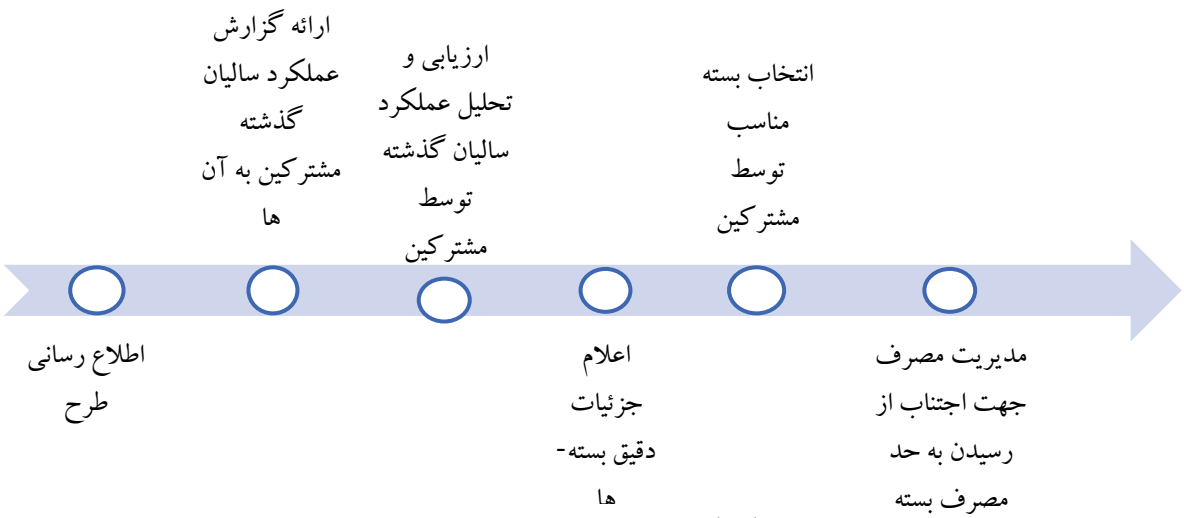
در این پژوهش عامل متشکل از مشترکین صنعتی است که هدف کاهش مصرف آن‌ها در زمان پیک مصرف است و محیط بازار فروش برق به مشترکین صنعتی است. در واقع هر یک از عامل‌ها می‌توانند در این محیط به انتخاب بسته موردنظر خود بپردازند و یا در صورت عدم ورود به این طرح جریمه شوند.

جهت شبیه‌سازی عامل بنیان در این پژوهش، نحوه عملکرد اجزای مدل، سازوکار تصمیم‌گیری و تعامل میان عامل‌ها باتوجه‌به مدل مفهومی عامل بنیان در پژوهش سیف‌الدین و همکاران (سیف الدین & سراج, ۱۳۹۹)برای پارامترهای بررسی شده در این پژوهش در محیط نرم افزار متلب پیاده سازی شده است. در ادامه چگونگی پیاده سازی این طرح و مفهوم آگاهی مشترک که در مدلسازی به کار رفته است شرح داده می شود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

چگونگی پیاده‌سازی طرح از منظر مدیریتی

در شکل ۵ مسیر پیاده‌سازی این طرح از منظر مدیریتی به تصویر کشیده شده است:



شکل۵. چگونگی پیاده سازی طرح از منظر مدیریتی

جهت انتخاب صحیح بسته توسط مشترک لازم است تا مشترک روند و چگونگی مصرف خود در سالیان گذشته را بداند. به همین جهت لازم است وزارت نیرو گزارش عملکرد دقیق و ساعتی مشترکین را برای حداقل ۳ سال گذشته در اختیار آن‌ها قرار دهد. هم‌زمان لازم است تا کلیات طرح به اطلاع عموم مشترکین برسد.

در قدم بعدی مشترکین با ارزیابی و تحلیل مصرف خود در سالیان گذشته نسبت به ورود یا عدم ورود به این طرح تصمیم‌گیری خواهند کرد. لازم است تا وزارت نیرو در این مرحله اقدام به دریافت بازخورد از مشترکین و اعمال آن در طراحی بسته‌های انرژی قیمتی - مقداری خود نماید و در نهایت جزئیات دقیق این بسته‌ها را منتشر کند. مشترکین با کسب اطلاع از جزئیات بسته‌ها نسبت به انتخاب بسته موردنظر خود خواهند کرد. باتوجه‌به اینکه بسته‌ها طوری طراحی شده‌اند که مشترک به کاهش مصرف خود متمایل گردد این مشترک در طول ماه سعی در مدیریت مصرف خود جهت اجتناب از رسیدن به حد مصرف بسته خواهد داشت.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

آگاهی مشترک[1]

با درنظرگرفتن نتیجه ذکر شده در بخش قبل لازم است تا پارامتری به‌عنوان پارامتر "آگاهی مشترک" تعریف شود. در اجرای هر طرحی در ابتدا عده‌ای مشارکت نمی‌کنند و یا مشارکت نموده اما نمی‌توانند رفتار خود را مطابق با طرح کنترل نمایند. با گذر زمان و پدیدارشدن اثرات طرح پیاده‌سازی شده، سایر مشترکین نیز به طرح پیوسته و یا رفتار خود را مطابق با مدل پیشنهادی طرح تنظیم خواهند کرد.

برای درنظرگرفتن این موضوع در مدل‌سازی این پژوهش متغیری به نام آگاهی مشترک با نماد M تعریف می‌گردد. این پارامتر نشان‌دهنده آگاهی هر مشترک نسبت به مسئله بهینه‌سازی و مدیریت انرژی است که مستقیماً بر رفتار مشترک اثرگذار خواهد بود و میزان و نحوه مشارکت مشترکین در این طرح را مشخص خواهد کرد. در تعامل با این پارامتر مشترکین به دودسته طبقه‌بندی خواهند شد:

$M < M'$: در این صورت مشترک در ساختار تعرفه‌ای جدید مشارکت نخواهد کرد

$M > M'$: در این صورت مشترک در ساختار تعرفه‌ای جدید مشارکت خواهد کرد

M' نقطه‌ای بحرانی است که مرز بین مشارکت مشترکین را مشخص خواهد کرد.

در این پژوهش M تنها وابسته به قیمت در نظر گرفته خواهد شد. با درنظرگرفتن این فرض مطابق با نتایج پژوهش‌های مختلف مقدار M از رابطه زیردست می‌آید که عددی بین ۰ تا ۱۰۰ خواهد بود (Zhang, Siebers, & Aickelin, ۲۰۱۱) (Lin, Wang, Wang, & Wennerstern, ۲۰۱۶) (Maya Sopha, A.Klöckner, & G.Hertwich, ۲۰۱۱).

$$M = M_0 + [(100 - M_0) \times \frac{\Delta P}{P_0} \times \alpha] \qquad (۶)$$

M: آگاهی از بهینه‌سازی مصرف انرژی پس از اعمال تعرفه جدید

M۰: آگاهی مشترک نسبت به بهینه‌سازی مصرف انرژی پیش از تغییرات قیمتی یا تعرفه‌ای

[1] *Share awareness*

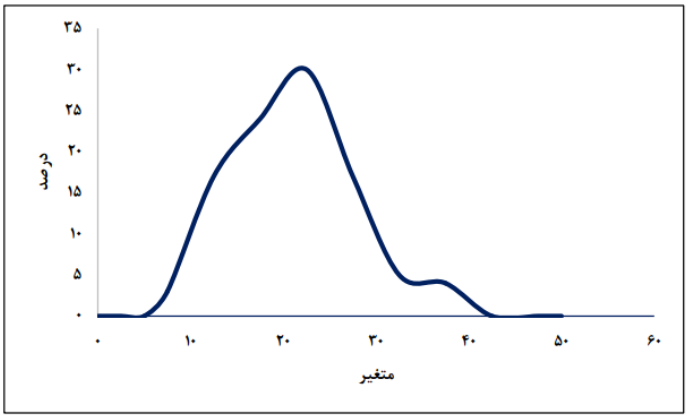
[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

P: قیمت اولیه واحد انرژی

α: ثابتی بین ۰ تا ۱ که نشان‌دهنده عدم تأثیر یکسان افزایش قیمت هر واحد انرژی بر تغییرات مصرفی مشترکین

M_0: به طور معمول وابسته به دو عامل تبلیغات و نسبت قیمت انرژی به درآمد سرانه اعضای جامعه است.

اینک برای تخمین توزیع متغیر M_0 در مرحله اول فرض می‌شود که این M_0 تنها وابسته به قیمت است و این قیمت است که میانگین متغیر M_0 را جابه‌جا می‌کند. با مقایسه درآمد سرانه ایران با سایر مناطق موردمطالعه در پژوهش‌های دیگر مورد M_0 با یک توزیع نرمال با میانگین ۱۶/۵ به کل جامعه مشترکین صنعتی اختصاص داده خواهد شد. از آن جایی که اطلاع‌رسانی در میزان ورود به طرح اثرگذار است، با درنظرگرفتن اثر تبلیغات در کنار متغیر هزینه منحنی توزیع نرمال M_0 به‌صورت شکل ۶ خواهد بود.



شکل ٦. توزیع متغیر M_0، وابسته به قیمت و تبلیغات مشترکین (Lin, Wang, Wang, & Wennerstern, ۲۰۱٦)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

در نهایت همان‌طور که گفته شد اگر متغیر M مشترکی بیش از مقدار مشخصی باشد این مشترک در طرح جدید مشارکت خواهد کرد و اگر کمتر از این میزان باشد این مشترک در طرح مشارکت نخواهد داشت که در این حالت با اعمال P درصد جریمه، متغیر M مشترک افزایش خواهد یافت و احتمال مشارکت او در دوره‌های بعدی افزایش خواهد یافت (سیف الدین & سراج, ۱۳۹۹).

نتایج و تجزیه‌وتحلیل داده ها

در بخش قبل به بیان روش تحقیق پرداخته شد و فرایند طراحی ساختار تعرفه‌ای پیشنهادی به صورت مبسوط شرح داده شد. در همین خلال به تشریح مدت بسته‌های قیمتی-مقداری، تعداد و فاصله بسته‌های انرژی پرداخته شد. در نهایت با مدل سازی حالت های مختلف با استفاده از مدل‌سازی عامل‌بنیان، نتایج حاصل از هر مدل آورده شده است.

نتایج طراحی بسته‌های قیمتی - مقداری

همان‌طور که در قسمت‌های قبل گفته شد، برای تعیین مدت بسته، تعداد بسته‌ها و فاصلهٔ بین بسته‌ها از روش تاپسیس استفاده شده است. در این روش باتوجه‌به ماتریس‌های تصمیم اشاره شده در بخش‌های قبل، این محاسبات صورت‌گرفته است.

- تعیین مدت بسته

با انجام محاسبات شاخص شباهت برای هر معیار تأثیرگذار بر مدت بسته‌ها به‌دست‌آمده است، هرچه قدر این شاخص به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان از برتری آن گزینه می‌دهد. باتوجه‌به نتیجه روش *TOPSIS* بسته ماهانه با شاخص شباهت ۰/۵۹ بهترین گزینه است؛ لذا در این پژوهش مدت‌زمان بسته قیمتی – مقداری انرژی به‌صورت ماهانه در نظر گرفته می‌شود.

- تعیین تعداد و فاصله انرژی

باتوجه‌به روش تاپسیس، شاخص شباهت برای معیارهای موردنظر به دست آمد. باتوجه‌به نتیجه روش تاپسیس تعداد بسته ۱۲ با شاخص شباهت ۰/۵۷ بهترین گزینه می‌باشد؛ لذا در این پژوهش تعداد بسته قیمتی -مقداری انرژی ۱۲ عدد در نظر گرفته می‌شود. جمع‌بندی طراحی بسته‌های قیمتی - مقداری پیشنهادی در **جدول۵**نشان‌داده‌شده است.

متغیرهای بازه اعمال طرح، مدت بسته، تعداد و فاصله بین بسته‌ها، جریمه عدم مشارکت و جریمه عدول از مقدار سقف بسته ثابت و سه متغیر اندازه (سقف مجاز) بسته، قیمت بسته و میزان مشارکت اولیه متغیر در نظر گرفته‌اند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

جدول۵. جمع بندی طراحی بسته های قیمتی- مقداری پیشنهادی(منبع:یافته های پژوهش)

عنوان	مقدار	ثابت/متغیر	روش انتخاب
بازه اعمال طرح	۱۰ تا ۲۰۰ هزار کیلووات‌ساعت	ثابت	تحلیل داده
مدت بسته	۱ ماه	ثابت	روش *TOPSIS*
تعداد و فاصله بین بسته‌ها	۱۲ بسته	ثابت	روش *TOPSIS*
اندازه (سقف مجاز) بسته	۳ مدل مختلف	متغیر	پیشنهادی
قیمت بسته	۲ مدل مختلف	متغیر	محاسبه – پیشنهادی
جریمه عدم مشارکت	۳۰ درصد	ثابت	پیشنهادی
جریمه عدول از مقدار سقف بسته	۲۰ درصد	ثابت	پیشنهادی
میزان مشارکت اولیه	۶۰ درصد	متغیر	پیشنهادی
	۳۰ درصد		

اندازه (سقف مجاز) بسته دارای ۳ حالت، قیمت بسته دارای دو حالت و میزان مشارکت اولیه نیز دارای دو حالت است لذا در نهایت ۱۲ خروجی متفاوت به دست خواهد آمد.

مدل مفهومی تشریح شده در نرم‌افزار متلب شبیه‌سازی شده و در ادامه نتایج حاصل از ۱۲ حالت پیشنهادی آورده خواهد شد. لازم به ذکر است همان‌طور که گفته شد، در هر ۱۲ بسته پارامترهای «بازه اعمال طرح» ، «مدت بسته»، «تعداد بسته»، «جریمه عدم مشارکت» و «جریمه عدول از سقف بسته» ثابت هستند و سه پارامتر «سقف مجاز مصرف»، «قیمت بسته» و «مشارکت اولیه» نیز متغیر خواهند که جزئیات آن در هر حالت آورده شده است. ۱۲ حالت پیشنهادی را می‌توان به شرح **جدول ٦**خلاصه کرد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

جدول ٦. مشخصات ۱۲ مدل تعرفه گذاری مختلف پیشنهادی(منبع: یافته های پژوهش)

حالت	سقف مجاز مصرف	قیمت بسته	مشارکت اولیه	پارامترهای ثابت
۱	توزیع متوازن	نسبتاً تصاعدی	٪۳۰	بازه اعمال طرح: ۱۰ الی ۲۰۰ هزار کیلووات‌ساعت مدت بسته: ۱ ماه تعداد بسته‌ها: ۱۲ بسته جریمه عدم مشارکت: ۳۰ درصد جریمه عدول از مقدار سقف بسته: ۲۰ درصد
۲	توزیع متوازن	نسبتاً تصاعدی	٪۶۰	
۳	توزیع متوازن	کاملاً تصاعدی	٪۳۰	
۴	توزیع متوازن	کاملاً تصاعدی	٪۶۰	
۵	تمرکز بر روی شروع	نسبتاً تصاعدی	٪۳۰	
۶	تمرکز بر روی شروع	نسبتاً تصاعدی	٪۶۰	
۷	تمرکز بر روی شروع	کاملاً تصاعدی	٪۳۰	
۸	تمرکز بر روی شروع	کاملاً تصاعدی	٪۶۰	
۹	تمرکز بر روی پایان	نسبتاً تصاعدی	٪۳۰	
۱۰	تمرکز بر روی پایان	نسبتاً تصاعدی	٪۶۰	
۱۱	تمرکز بر روی پایان	کاملاً تصاعدی	٪۳۰	
۱۲	تمرکز بر روی پایان	کاملاً تصاعدی	٪۶۰	

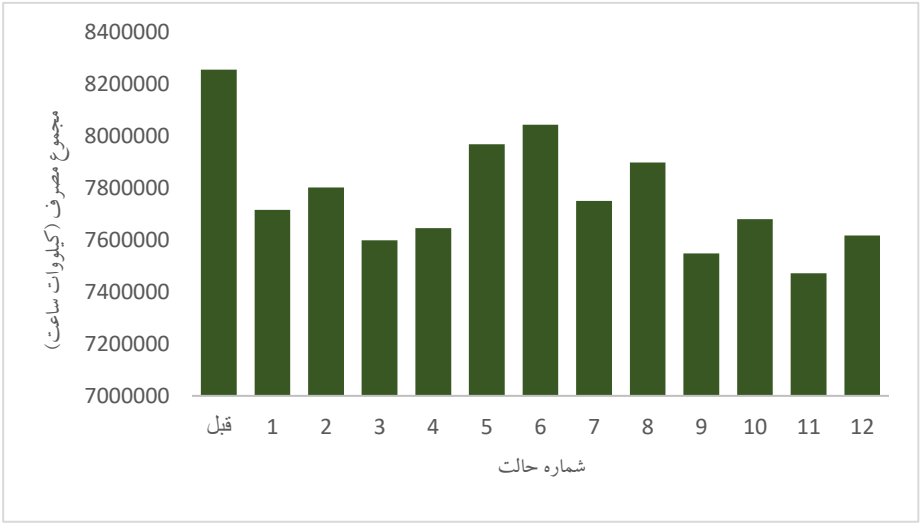
شبیه‌سازی ساختارهای تعرفه‌ای پیشنهادی با استفاده از مدل‌سازی عامل بنیان

با پیاده‌سازی طرح‌های پیشنهادی تعرفه‌گذاری و پیش بینی و ارزیابی نتایج آن در جامعه می‌توان بهره‌وری اثر بخشی تدوین تعرفه‌های جدید را افزایش داد. باتوجه‌به نتایج حاصل از شبیه‌سازی ۱۲ حالت پیشنهاد شده در مدل عامل بنیان که در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شد نتایج مصرف به‌صورت نمودار شکل ۷ به‌دست‌آمده است و مصرف انرژی در مجموع سه ماه خرداد، تیر و مرداد به‌نمایش‌درآمده است.

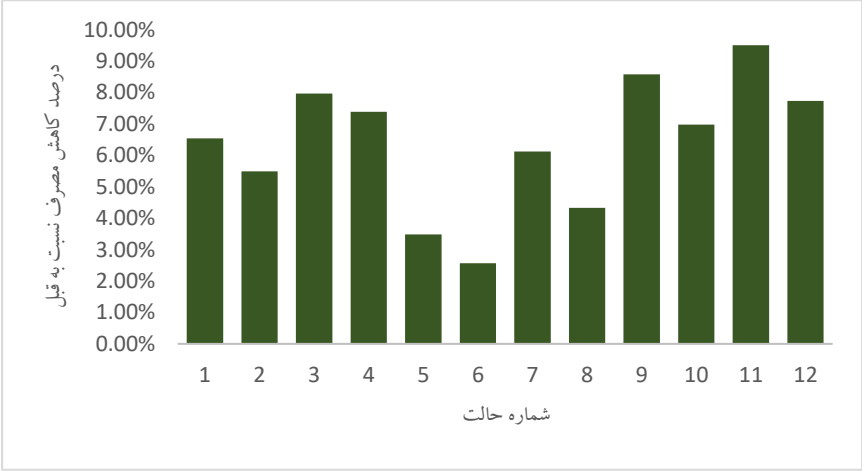
با نگاهی به نمودار بالا می‌توان این نکته را دریافت که اعمال طرح‌های تعرفه‌گذاری می‌تواند بخشی از میزان مصرف در بخش صنعتی در ساعات پیک را کاهش دهد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

همچنین در شکل ۸ درصد کاهش مصرف در ۱۲ حالت تعرفه‌گذاری پیشنهادی نسبت به قبل از اعمال طرح در مجموع ماه‌های خرداد، تیر و مردادماه به‌نمایش‌درآمده است.

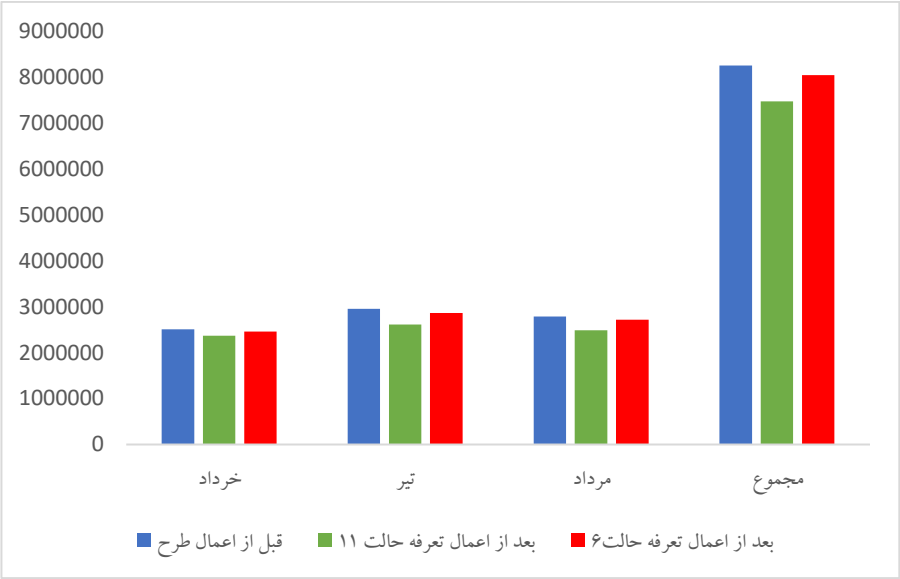


شکل ۷. مجموع مصرف برق سه ماه خرداد، تیر و مرداد در ۱۲ حالت پیشنهادی در مقایسه با قبل از اعمال طرح



شکل ۸. نمودار درصد کاهش مصرف در ۱۲ حالت تعرفه گذاری پیشنهادی نسبت به قبل از اعمال طرح در مجموع ماه های خرداد، تیر و مرداد

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]



شکل ۹. میزان مصرف برق طی سه ماه مورد مطالعه برای تعرفه های با بیشترین و کمترین کاهش مصرف برق

باتوجه‌به این نمودار می‌توان این نکته را دریافت که اعمال طرح‌های تعرفه‌گذاری می‌تواند بخشی از میزان مصرف در بخش صنعتی در ساعات پیک را کاهش دهد. شکل ۹میزان مصرف در طی سه ماه مورد مطالعه را برای بهترین و بدترین حالت تعرفه نشان می دهد، همان‌طور که در این شکل مشخص است مجموع میانگین بیشترین کاهش مصرف در حالت ۱۱ ام با ۹/۵۱٪ کاهش و مجموع میانگین کمترین کاهش مصرف در حالت ۶ ام با ۲/۵۷٪ کاهش اتفاق می‌افتد.

همان طور که پیشتر ذکر شد بیشتر پژوهش‌های صورت گرفته حول تعرفه گذاری برق برای مشترکین خانگی است. در این پژوهش یکی از مواردی که نسبت به عموم پژوهش‌های مربوطه متفاوت است تمرکز بر روی تعرفه‌گذاری برای بخش صنعتی است. همچنین مدل سازی عامل بنیان که در این پژوهش از آن استفاده شده است مفهومی نسبتا جدید بوده و کمتر کسی در ارزیابی اثر بخشی تعرفه گذاری‌های جدید از آن استفاده کرده است.در نمودار شکل های فوق مشاهده می شود اهمیت مدل-

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

سازی عامل بنیان در بررسی اثرگذاری و نتایج حاصل از پیاده‌سازی تعرفه‌گذاری‌های جدید بسیار چشمگیر است.

همچنین با ارزیابی این ۱۲ حالت می‌توان به نتایج زیر رسید:

- میزان مشارکت اولیه ۳۰٪ از میزان مشارکت اولیه ۶۰٪ درصد کاهش مصرف بیشتری را به دنبال دارد.
- مدل قیمتی با افزایش کاملاً تصاعدی قیمت بسته‌ها نسبت به افزایش نسبتاً تصاعدی قیمت بسته‌ها درصد کاهش مصرف بیشتری را به دنبال دارد.

همان طور که مشاهده می شود توزیع تمرکز بر روی پایان سقف مجاز مصرف نسبت به توزیع متوازن سقف مجاز مصرف و همچنین توزیع تمرکز بر روی شروع سقف مجاز مصرف درصد کاهش مصرف بیشتری را به دنبال دارد.لازم به ذکر است که یکی دیگر از جنبه‌های نوآوری که در در این پژوهش لحاظ شده متفاوت در نظر گرفتن میزان مشارکت اولیه و ارزیابی اثر بخشی آن در نتایج نهایی است.

جمع‌بندی

باتوجه‌به رشد روزافزون نیاز به انرژی الکتریکی و همچنین محدودیت‌های پیشرو در تولید برق، لازم است تا میزان مصرف برق مدیریت گردد. در کشور ایران در سال ۱۳۹۹ میزان مصرف برق در حوزه صنعت ۳۴/۷ درصد بوده است. این موضوع نشانگر اثرگذاری چشمگیر بخش صنعت بر میزان مصرف برق است؛ بنابراین اقداماتی که شامل تغییر در رفتار مصرف‌کنندگان انرژی الکتریکی در بخش صنعتی شود، موردنیاز خواهد بود. به همین جهت در راستای تجربیات جهانی، می‌توان انتظار داشت با بازنگری در ساختارهای تعرفه‌ای بخش صنعتی، الگوی مصرف در این بخش اصلاح شود. هدف اصلی و کلی این پژوهش بررسی امکان کاهش تقاضا در زمان‌های اوج بار و تغییر الگوی مصرف مشترکین برق صنعتی در اثر تغییر ساختار تعرفه‌ای است.

در این پژوهش یک ساختار تعرفه‌گذاری جدید با جایگزینی بسته‌های قیمتی - مقداری به‌جای تعرفه ثابت در زمان اوج مصرف برای مصارف صنعتی پیشنهاد شد و به جهت سنجش اثربخشی این ساختار

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

پیشنهادی، در بخش دوم این پژوهش با طراحی یک مدل عامل بنیان، تأثیر و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. در پژوهش فوق جهت دستیابی به بسته‌های قیمتی – مقداری انرژی به تدوین پارامترهای تشکیل‌دهنده آن پرداخته شد. در قدم اول محدوده هدف اعمال طرح جدید با آنالیز داده-های ۶۲ واحد صنعتی در یک شهرک صنعتی در مازندران مشخص گردید. محدوده هدف طرح در این پژوهش بین مشترکینی با مصرف ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ کیلووات‌ساعت در نظر گرفته شد. قدم بعدی تعیین مدت بسته بود که با استفاده از روش *TOPSIS* مدت بسته به‌صورت ماهانه انتخاب گردید. سپس نوبت به تعیین تعداد بسته‌های انرژی رسید که مجدداً با استفاده از روش *TOPSIS* تعداد بسته‌ها ۱۲ عدد انتخاب گردید. مرحله بعدی تعیین قیمت و اندازه بسته‌ها بود. این دو پارامتر به‌صورت متغیر در نظر گرفته شد به‌گونه‌ای که برای اندازه بسته‌ها ۳ حالت و برای قیمت نیز ۲ حالت پیشنهاد گردید. همچنین جهت تکمیل ساختار تعرفه‌گذاری جدید علاوه بر تعیین مشخصات بسته‌ها، جریمه عدم مشارکت در طرح به مقدار ۳۰٪ تعرفه ثابت و همچنین جریمه عدول از مقدار سقف بسته‌ها به میزان ۲۰٪ تعرفه ثابت در نظر گرفته شد. در نهایت پارامتر میزان مشارکت اولیه در دو پیشنهاد ۳۰ درصدی و ۶۰ درصدی ارائه گردید. نهایتاً ۱۲ ساختار تعرفه‌گذاری مختلف پیشنهاد گردیده است.

در بخش دوم پژوهش با شبیه‌سازی ساختارهای تعرفه‌ای پیشنهادی با استفاده از مدل‌سازی عامل بنیان نتایج هر یک از این ساختارها پیش‌بینی گردید. لازم به ذکر است این شبیه‌سازی برای سه ماه خرداد، تیر و مرداد انجام شد که مصرف انرژی در این ۳ ماه در بیشترین حالت است. نتایج نشان می‌دهد درصد کاهش مصرف نسبت به‌پیش از اعمال طرح مطابق با ساختارهای ذکر شده از ۲/۵۷٪ تا ۹/۵۱٪ متغیر است که بیشترین کاهش مصرف مربوط به ساختار تعرفه‌ای ۱۱ است. این نتایج بیانگر اثر بخشی ساختار تعرفه ای جدید طراحی شده و اهمیت مدلسازی عامل بنیان در بررسی این ساختار تعرفه ای است. نتایج فوق همچنین نشان می دهد که میزان مشارکت ۳۰ درصدی مشترکان در طرح بیشترین کاهش مصرف را به دنبال خواهد داشت.

در ادامه برای پژوهش های آینده موضوعات زیر پیشنهاد می شود:

۱. با توجه به این که ساختار تعرفه‌گذاری در این پژوهش بر روی مشترکین صنعتی با میزان مصرف کم و متوسط متمرکز گردید، می‌توان طی پژوهش‌های دیگری محدوده هدف را

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

به سایر مشترکین از جمله مشترکین صنعتی با میزان مصرف زیاد و یا مشترکین تجاری، کشاورزی و غیره تغییر داد و نتایج را ارزیابی و تحلیل نمود.

۲. در این پژوهش با طراحی ساختار تعرفه‌ای از دید مشترک به مساله نگاه شد. میتوان با طراحی مدلی دیگر در همین راستا، از دید وزارت نیرو (شرکت مجری طرح) به این مساله نگاه کرد.

۳. مراجع

ده نوری، ا.، عبدی، ح.، & محمدی، ف. (۱۴۰۲). مدلسازی بهینه برنامه پاسخگویی بار زمان استفاده (TOUو مسئله توزیع بار اقتصادی هزینه آلودگی دینامیک (.DEED *فصلنامه کهربا*، دوره ۱۰ شماره ۳۹.

سیف الدین، ا.، & سراج، ح. (۱۳۹۹). مدیریت تقاضای برق خانگی با اصلاح ساختار تعرفه‌ها: رویکرد مدلسازی عامل‌بنیان. *فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری وبرنامه ریزی انرژی*، ۶ (۴) : ۸۰-۴۷.

شریفی، ز. (۱۴۰۲). برنامه ریزی و اجرای برنامه های مدیریت سمت تقاضا در شرکت توزیع نیروی برق شیراز. *فصلنامه کهربا*، دوره ۱۰ شماره ۳۹.

صبوری، ع. (۱۳۹۵). طراحی بهینه برنامه پاسخگویی بار قیمت گذاری زمان استفاده با توجه به مشخصات بار. *پژوهشکده فنی و مهندسی- دانشگاه حکیم سبزواری- وزارت علوم ،تحقیقات و فناوری.*

هوشمند، ه.، & خلیل زاده، ا. (۱۳۹۶). ارایه الگوریتم قیمت گذاری زمان واقعی جهت مدیریت مصرف کننده ها بر اساس بازار برق شبکه. *پنجمین کنفرانس بین المللی تحقیقات نوین پژوهشی در مهندسی و تکنولوژی.*

وزات نیرو .(۱۳۹۵) .*مدلسازی مدیریت بار و انرژی در سیستم هوشمند اندازهگیری ایرانمفاهیم پاسخگویی بار* . سازمان بهره وری انرژی ایران.

وزارت نیرو .(۱۳۹۷) .*آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی* .شرکت مادر تخصصی توانیر.

وزارت نیرو .(۱۳۹۸) .*تعرفه، قوانین و مقررات فروش برق* .

وزارت نیرو .(۱۳۹۹) .*آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی* .شرکت مادر تخصصی توانیر.

Econ، B. C. (۲۰۱۸). *The impact of tariff structure changes on energy vulnerable households.* Work Horiz Power.

Jahid Hasan، A.، Fernando Enriqez-Contreras، L.، Yusuf، J.، & Ula، S. (۲۰۲۳). A universal optimization framework for commercial building loads using DERs from

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]

utility tariff perspective with tariff change impacts analysis. *Energy reports*، ٦٠٨٨-٦١٠١.

Lin، H.، Wang، Q.، Wang، Y.، Wennerstern، R.، & sun، Q. (٢٠١٦). Agent-based Modeling of Electricity Consumption in an Office Building under a Tiered Pricing Mechanism. *Energy Procedia، 104*، ٣٢٩-٣٣٥.

Maya Sopha، B.، A.Klöckner، C.، & G.Hertwich، E. (٢٠١١). Exploring policy options for a transition to sustainable heating system diffusion using an agent-based simulation. *Energy Policy، 39*(٥)، ٢٧٢٢-٢٧٢٩.

Prasana، A.، Mahmoodi، J.، Brosch، T.، & Patel، M. (٢٠١٨). Recent experiences with tariffs for saving electricity in households. *Energy Policy، 115*، ٥١٤-٥٢٢.

Strbac، G.، Ahmed، S.، & Kirschen، D. (١٩٩٦). Load management services in post-contingency control. *Fourth International Conference on Power System Control and Management (Conf. Publ. No. 421)*.

Tayala، D.، & Evers، U. (٢٠١٨). Consumer preferences and electricity pricing reform in Western Australia. *Utilities Policy، 54*، ١١٥-١٢٤.

Wanapinit، N.، Thomsen، J.، & Weidlich، A. (٢٠٢٢). Find the balance: How do electricity tariffs incentivize different system services from demand response? *Sustainable Energy، Grids and Networks*، ١٠٠٩٤٨.

Zhang، T.، Siebers، P.-O.، & Aickelin، U. (٢٠١١). Modelling electricity consumption in office buildings: An agent based approach. *Energy and Buildings، 43*(١٠)، ٢٨٨٢-٢٨٩٢..

[Downloaded from epprjournal.ir on 2024-09-17]