تعیین پتانسیل اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف با در نظر گرفتن سطح درآمد خانوار و سطح رفاه‌طلبی مشترکین

مهرداد آقامحمدی، دانشجوی کارشناسی ارشد، محمدابراهیم حاجی‌آبادی، استادیار و عضو هیئت علمی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه حکیم سبزواری- سبزوار- ایران

m.aghamohamadi@sun.hsu.ac.ir, Me.hajiabadi@hsu.ac.ir

چکیده: هدف اصلی در پژوهش حاضر مشخص کردن یک نقطه بهینه و اقتصادی برای تعیین میزان اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف و تعیین پتانسیل اعمال آن از سوی مشترکین می‌باشد. برای رسیدن به این هدف در گام اول، یک روش احتمالی مبتنی بر تجهیز برای مدل‌سازی بار ارائه می‌گردد که از این مدل جهت آشکارسازی تأثیر انواع روش‌های مدیریت مصرف بر روی بار استفاده می‌شود. در ادامه در گام دوم بررسی اقتصادی روش‌های مدیریت مصرف از دیدگاه شاخص‌هایی همچون طول عمر سیاست‌های مدیریت مصرف و قیمت برق تعرفه‌ای انجام‌شده است و نقطه کاری بهینه و مناسب در میزان اعمال این سیاست‌ها شناسایی شده تا بدین‌وسیله مشتری توانایی انتخاب دقیق هر یک از این روش‌ها را با توجه به نیاز خود داشته باشد. در گام سوم، نحوه تأثیرگذاری فاکتورهایی نظیر رفاه‌طلبی و درآمد خانوار بر روی مدل ارائه شده تعیین شده است. مطالعه موردی بر روی یکی از باس‌های سیستم RBTS پیاده‌سازی شده و نتایج مقدار ۳۸/۶ درصد صرفه‌جویی از بار کل را نشان می‌دهد که بواسطه آن بیشترین سود نصیب مشتری می‌گردد و مشتری می‌تواند بواسطه تأثیر فاکتورهای رفاه‌طلبی و درآمد خانوار، در فاصله‌ای دورتر یا نزدیک‌تر نسبت به این نقطه بهینه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل؛ رفاه‌طلبی؛ سطح درآمد؛ سود؛ مدل احتمالی بار؛ مدیریت مصرف؛ هزینه؛

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۶/۴

نام نویسنده‌ی مسئول: محمدابراهیم حاجی‌آبادی

نشانی نویسنده‌ی مسئول: ایران- خراسان رضوی- سبزوار- شهرک توحید- دانشگاه حکیم سبزواری- دانشکده برق و کامپیوتر

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]

۱- مقدمه

۱-۱- انگیزه تحقیق

در هر شبکه الکتریکی دو بخش تولید و تقاضا وجود دارد. با توجه به رشد مصرف برق نیاز به توسعه بخش تولید احساس می‌شود. ولی تنها با توجه به سمت تولید نمی‌توان به یک شبکه انرژی الکتریکی بهینه رسید. ازاین‌رو برنامه‌هایی تحت عنوان مدیریت بار یا مدیریت سمت تقاضا[1] (DSM) تعریف شده‌اند تا با برنامه‌ریزی برای کاهش پیک و اصلاح منحنی بار، وضعیت بهره‌برداری از سیستم را بهبود دهند.

امروزه مدیریت مصرف یکی از مسائل مورد توجه در زمینه بهره‌وری انرژی می‌باشد. زیرا که هرگونه تغییری در مصرف بخش خانگی هرچند جزئی، تأثیر بسیار زیادی در منحنی مصرف روزانه منطقه‌ای دارد. بعضی از روش‌های مدیریت مصرف، دارای هزینه هستند و این هزینه‌ها در درازمدت برای مشترک قابل بازگشت خواهد بود و هر مشترک بواسطه عادات و رفتار خود از جمله رفاه‌طلبی و سطح درآمد، با این مسئله برخورد خواهد کرد. لذا بدست آوردن یک نقطه بهینه برای میزان مدیریت مصرف مشترکین از اهمیت خاصی برخوردار بوده و شناخت مناسبی از میزان پتانسیل مدیریت مصرف را برای مشترکین ایجاد می‌نماید. ازاین‌رو در مقاله حاضر با مدل‌سازی پروسه فوق یک نقطه بهینه و ممکن، برای میزان اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف و شناسایی پتانسیل اعمال آن‌ها، ارائه‌شده است.

۱-۲- مروری بر ادبیات موضوع

در راستای مسائلی که مطرح شد، تاکنون مطالعات و تحقیقات بسیاری صورت گرفته که در ادامه به تعداد محدودی از آن‌ها اشاره خواهد شد. مسلماً عواملی همچون مدیریت سمت تقاضا بر منحنی بار تأثیرگذار خواهند بود. برای نشان دادن این تأثیر بر روی منحنی مصرف مشترکین، نیاز به یک مدل‌سازی دقیق از بار مصرفی می‌باشد.

در [۱] طبقه‌بندی جامعی از روش‌های مدل‌سازی بار ارائه شده است. این روش‌ها عبارتند از:

کیفی (بر مبنای تجربه افراد خبره)، تک متغیره (پیش‌بینی بر اساس اطلاعات گذشته)، چند متغیره (بر مبنای روش‌های رگرسیون)، مصرف‌کننده‌های نهایی (از جز به کل)، روش‌های ترکیبی.

در [۲ و ۳] یک مدل بار با استفاده از زنجیره مارکوف ارائه‌شده است که در ادامه از آن برای آشکارسازی تأثیر عادات مصرفی مشترکین بر بار خانگی استفاده شده است. این مدل بر روی اطلاعات شبکه انگلستان پیاده‌سازی شده و الگوریتم آن از جزء به کل می‌باشد.

در [۴] برای مدل‌سازی بارهای خانگی و شناسایی منحنی مصرف جامعه، از بررسی اطلاعات سیستم مخابراتی در ساختمان استفاده شده است. در این پژوهش با بررسی این اطلاعات، منحنی مصرف هر بخش از مصرف مشخص شده و تأثیرات مدیریت مصرف توسط اطلاعات مخابره شده از مشترکین، بر روی منحنی مصرف اعمال گردیده است.

با توجه به احتمالی بودن مدل بار، در مدل‌سازی‌های مختلف برای افزایش دقت مدل‌سازی، از مطالعات احتمالی و تا حدی تصادفی استفاده می‌شود. لذا در مرجع [۵] مدلی ارائه‌شده است که از آن برای آشکارسازی احتمالی تأثیرات روش‌های مدیریت مصرف استفاده شده است. این روش در پژوهش ارائه شده گسترش خواهد یافت.

مرجع[۶] به تعریف و طبقه‌بندی برنامه‌های پاسخگویی بار و بیان سود و هزینه‌های آن پرداخته است. در ادامه شاخص‌های سنجش و ارزیابی این برنامه‌ها معرفی و تجربیات چند شرکت در این زمینه ارائه‌شده است. همچنین تأثیر برنامه‌های پاسخگویی بار بر قیمت، به کمک یک شبیه‌سازی بررسی شده است.

مرجع[۷] به بررسی گزینه‌های مختلف در برنامه‌های DSM پرداخته و اجرای آن‌ها را از لحاظ اهدافی همچون هزینه، کاهش پیک، آلودگی و مقدار بار از دست رفته در سال (خاموشی) مقایسه نموده است.

مرجع[۸] با اشاره به اهمیت کشش (الاستیسیته) قیمت در سمت تقاضا به بررسی اثر چند سناریو بر منحنی بار شبکه پرداخته است.

همچنین یک مدل اساسی جهت مشخص کردن تأثیرات ناشی از اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف نیز در مرجع [۹] ارائه‌شده است. در این روش تأثیر عوامل تشویقی در نحوه و میزان مصرف مشترکین به خوبی نشان داده شده است.

در راستای بررسی پتانسیل پاسخگویی بار، یکی از دیدگاه‌های قابل توجه، بررسی هزینه‌ها و فایده‌های موجود در راستای پیاده‌سازی DSM می‌باشد[۱۰]. در مرجع[۱۱] با بررسی و آنالیز هزینه و فایده پیاده‌سازی سیاست‌های مدیریت مصرف در چین، مشخص شده که هزینه پرداختی برای بهبود وضعیت مصرف مشترکین کمتر از هزینه ساخت و راه‌اندازی نیروگاه‌های جدید برای تأمین بار می‌باشد.

برنامه‌های مدیریت سمت تقاضا در کشورهای مختلف متفاوت است. این برنامه‌ها که هم در جهت کاهش مصرف و هم درخواست انرژی می‌باشند از پتانسیل‌های اجتماعی، فرهنگی، اقلیمی و اقتصادی کشور تأثیر می‌پذیرند. لذا تعیین میزان پتانسیل برنامه‌های مدیریت مصرف سمت تقاضا می‌تواند افق وسیع‌تری در به‌کارگیری این برنامه‌ها در اختیار مشترکین قرار دهد[۱۲].

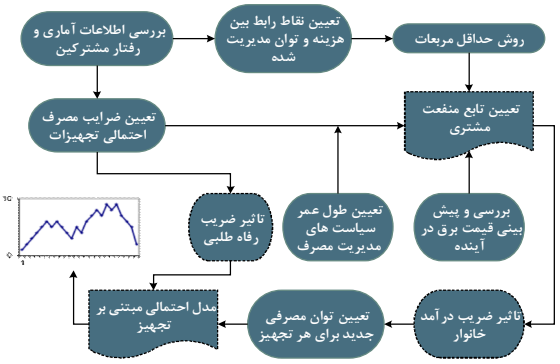
۱-۳- هدف، روش، نوآوری

هدف از این مقاله تعیین میزان پتانسیل اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف می‌باشد. در این پژوهش سه گام اصلی برداشته شده است. در گام اول یک مدل احتمالی مبتنی بر تجهیز برای مشترکین بخش خانگی ارائه‌شده است. در این راستا ابتدا به‌واسطه مطالعات میدانی و بررسی رفتار و عادات مصرف مشترکین دو فاکتور اصلی و مهم تعیین می‌گردد. اولین فاکتور، احتمال حضور (در مدار بودن) هر تجهیز در هر ساعت می‌باشد که ضریب حضور تجهیز در یک ساعت را مشخص

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]

می‌کند و دومین فاکتور نقاط رابط بین هزینه سیاست‌های مدیریت مصرف و میزان توان صرفه‌جویی شده توسط این سیاست‌ها است.



شکل (۱): مراحل طی شده در پژوهش

با استفاده از این اطلاعات می‌توان توسط روش احتمالی مبتنی بر تجهیز بار را به‌صورت احتمالی مدل کرد. در ادامه در گام دوم توسط روش حداقل مربعات، برای نقاط رابط بین توان کاهش یافته و هزینه آن، معادله درجه دومی تخمین زده می‌شود. با بررسی قیمت برق تعرفه‌ای و همچنین شناسایی طول عمر هریک از روش‌های مدیریت مصرف و بهره‌گیری از اطلاعات بدست آمده، یک تابع منفعت برای هزینه‌های مشترک در راستای اعمال DSM تعیین خواهد شد. سپس بررسی آنالیز هزینه و فایده برای تعیین میزان اعمال DSM صورت می‌پذیرد. پس از دستیابی به یک نقطه بهینه در میزان اعمال DSM، نتایج بدست آمده از این مرحله در مطالعات مدل احتمالی مبتنی بر تجهیز جهت مدل‌سازی بار، وارد شده و تأثیر این بهینه‌سازی توسط روش مبتنی بر تجهیز، در مدل منحنی مصرف آشکار خواهد شد. در گام سوم نیز ضرایب رفاه‌طلبی و درآمد خانوار به مدیریت مصرف بهینه اعمال می‌گردد و در ادامه با دسته‌بندی اهداف اصلی سیاست‌های مدیریت مصرف، تأثیرپذیری عادات مصرف مشترکین از این مشخصه‌ها، تعیین خواهد شد.

مطالعات فوق در یک جامعه نمونه پیاده‌سازی شده است و نتایج، میزان پتانسیل سیاست‌های مدیریت مصرف را به خوبی نشان می‌دهد. طبق نتایج شبیه‌سازی، بار میانگین به میزان ۳۸/۶ درصد کاهش پیدا کرده است. این کاهش مصرف نیز بیشترین سود را برای مشتری در پی دارد. به عبارتی اگر میزان تغییرات توان تجهیزات، کمتر یا بیشتر از نتایج بدست آمده باشد، سود بیشینه نصیب مشتری نمی‌گردد. بررسی میزان اعمال سیاست‌های مدیریت سمت تقاضا با توجه به میزان هزینه و طول عمر حضور آن، نوآوری ارائه‌شده در این پژوهش می‌باشد که دیدگاه جدیدی از پتانسیل اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف را ارائه خواهد داد.

۱-۴- ساختار پژوهش

در بخش دوم به مطالعه روش احتمالاتی مبتنی بر تجهیز جهت مدل‌سازی منحنی مصرف پرداخته شده است. در بخش سوم آنالیز هزینه‌ها و فواید ناشی از اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف آورده شده است و مطالعات مربوط به بهینه‌سازی میزان اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف نیز در این بخش ارائه‌شده است. نهایتاً در بخش چهارم مطالعه موردی قرار دارد. بخش پنجم نیز شامل نتیجه‌گیری می‌باشد.

۲- روش احتمالی مبتنی بر تجهیز جهت مدل‌سازی احتمالی منحنی مصرف بخش خانگی

در این بخش یک روش احتمالی جدید و کارا، جهت مدل‌سازی احتمالی بارهای خانگی ارائه‌شده است. از این مدل جهت بررسی اثر سیاست‌های مدیریت مصرف استفاده شده است. قابل به ذکر است که اصول این روش بر مبنای بررسی مصرف‌کننده‌های نهایی استوار است و قابلیت اجرا در سایر تعرفه‌ها را نیز دارا می‌باشد.

۲-۱- مطالعات لازم جهت تخصیص ضرایب احتمالی

با بررسی عادات جامعه آماری مدنظر و تعیین مدت‌زمان استفاده از وسایل الکتریکی، انرژی موردنیاز هر ساعت قابل شناسایی است؛ که با مقایسه این انرژی با مقدار پایه آن (مقدار انرژی مصرفی ماکزیمم در یک ساعت)، می‌توان احتمال حضور آن تجهیز را در روزهای آینده و در ساعت مربوطه تخمین زد. برای بهتر شدن تخمین و دقیق‌تر شدن آن بهتر است که تعداد نمونه‌ها و خانواده‌های نمونه افزایش یابد تا تخمین مصرف در آینده دقیق‌تر باشد. برای بدست آوردن احتمال حضور تجهیز j در ساعت i طبق رابطه (۱) عمل خواهد شد.

$$\theta_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T} n_{ijt}}{T} \quad i = 1,2,3,\ldots,24 \quad j=1,2,3,\ldots \quad (۱)$$
$$0 < n_{ij} < 1$$

در رابطه (۱)، θ_{ij} ضریب حضور تجهیز j در ساعت i می‌باشد. همچنین n_{ijt} نمونه‌ای برداشت شده بر حسب زمان از تجهیز j در ساعت i می‌باشد. تعداد ساعات برداشت نمونه با T نشان داده می‌شود. به عبارتی ضریب مصرف احتمالی تجهیز j در ساعت i برابر است با کل مدت زمان مصرف تجهیز در تمام ساعاتی که در آن‌ها نمونه‌گیری انجام‌شده است، تقسیم بر کل ساعات نمونه‌گیری. به‌عنوان مثال اگر در نمونه‌گیری t ام تجهیز j در ساعت i فقط ۳۰ دقیقه استفاده شود، این بدین معناست که در این نمونه‌گیری، n_{ijt} برابر با ۰/۵ است.

۲-۲- مطالعات احتمالی مبتنی بر تجهیز بر اساس ضرایب حضور تجهیزات و توان نامی

در ابتدا حالات ممکن برای مصرف یک تجهیز و احتمال وقوع هر حالت مشخص می‌گردد. در این راستا توان مصرفی تجهیز j در ساعت i که با P_{ij} نشان داده می‌شود، طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$P_{ij} = \begin{cases} P & \rightarrow \quad \theta_{ij} \\ 0 & \rightarrow \quad 1-\theta_{ij} \end{cases} \quad (۲)$$

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]

طبق رابطه (۲) میزان توان مصرفی تجهیز jام در ساعت i، با احتمال θ_{ij} برابر می‌شود با توان مصرفی نامی تجهیز jام که آن را با P نشان می‌دهیم. همچنین p_{ij} با احتمال $1-\theta_{ij}$، دارای مقدار صفر می‌باشد.

حال اگر توان نامی تجهیز را در یک ساعت با P و احتمال در مدار بودن آن را با θ_{ij} نشان دهیم، آنگاه می‌توان توان مصرفی مورد انتظار[۲] برای تجهیز j را در هر ساعت i با توجه به رابطه (۳) بدست آورد.

$$EP_{ij} = P_j \times \theta_{ij} \qquad (۳)$$

در حالت کلی اگر برای هر تجهیز j، احتمال حضور آن را در هر ساعت با θ_{ij} و توان نامی مصرفی را بر حسب وات با P_j نشان دهیم، توان انتظاری مصرف شده توسط تجهیز j در ساعت i برابر $P_j \times \theta_{ij}$ بوده و توان مصرفی انتظاری در ۲۴ ساعت طبق رابطه (۴) بدست می‌آید.

$$EP_j = \sum_{i=1}^{24} P_j \times \theta_{ij} \qquad (۴)$$

از آنجا که مدت زمان مدل‌سازی بار، برابر با یک ساعت درنظر گرفته شده است؛ لذا میزان توان مصرفی در یک ساعت، برابر با میزان انرژی مصرفی در همان ساعت است. لذا طبق رابطه (۵) با وجود انرژی نامی تمام تجهیزات و ضرایب احتمالی مصرف آن‌ها در تمام ساعات، میزان انرژی مصرفی مورد انتظار[۳] برای تمام تجهیزات بدست خواهد آمد.

$$EE = \sum_{j}\sum_{i} w_j \,.\, \theta_{ij} \qquad (۵)$$

طبق رابطه (۶)، جمع ضرایب احتمالی مصرف هر تجهیز بیانگر مدت زمان فعال بودن آن تجهیز، در طول روز می‌باشد:

$$0 \le \sum_{i=1}^{24} \theta_{ij} \le 24 \qquad (۶)$$

اگر جمع ضرایب احتمالی مصرف تجهیز نسبت به تعداد ساعات مصرف در یک شبانه‌روز نرمالیزه شود، میانگین ضریب مصرف تجهیز در یک روز بدست خواهد آمد که در رابطه (۷) با ETC_j نشان داده می‌شود. ETC_j عددی بین صفر و یک است.

$$ETC_j = \sum_{i=1}^{24} \theta_{ij} \Big/ 24 \qquad (۷)$$

در مرحله بعد پس از بدست آوردن توان مورد انتظار مصرفی در یک روز خاص می‌توان با تحلیل ساعت به ساعت مشخصه‌های مصرف، نمودار زمانی مصرف را نیز بدست آورد. لذا منحنی مصرفی j تجهیز با توان ثابت و احتمال‌های متفاوت در i ساعت توسط رابطه (۸) بیان می‌گردد. W ماتریس انرژی نامی تجهیزات در هر ساعت، بر حسب وات‌ساعت و θ ماتریس احتمال در مدار بودن آن تجهیزات است.

$$ee = [\mathrm{w}].[\theta] \qquad (۸)$$

رابطه (۸) منحنی مصرف j تجهیز را در i ساعت نشان می‌دهد. جزئیات رابطه (۸) در روابط (۹) و (۱۰) آورده شده است.

$$W = \begin{pmatrix} w_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & w_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & w_3 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & w_4 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \ddots & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & & \ddots & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & w_j \end{pmatrix} \qquad (۹)$$

$$\theta = \begin{pmatrix} \theta_{11} & \theta_{21} & \theta_{31} & \theta_{41} & \theta_{51} & \cdots & \theta_{241} \\ \theta_{12} & \theta_{22} & \theta_{32} & \theta_{42} & \theta_{52} & \cdots & \theta_{242} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \theta_{1j} & \theta_{2j} & \theta_{3j} & \theta_{4j} & \theta_{5j} & \cdots & \theta_{24j} \end{pmatrix} \qquad (۱۰)$$

همچنین طبق رابطه (۱۱) می‌توان جمع جبری انرژی تجهیز j را در یک ساعت خاص بدست آورد.

$$EE_j = \sum_{i=1}^{24} ee \qquad (۱۱)$$

اگر به تعداد m تجهیز مشترک بتواند به‌صورت موازی با یکدیگر قرار گیرند و احتمال روشن بودن هر تجهیز θ باشد آنگاه احتمال آنکه تعداد k عدد از آن‌ها در مدار باشد طبق رابطه (۱۲) تعیین می‌شود.

$$\Pr\{\mathrm{m,k}\} = \binom{m}{k} \theta^k \ (1-\theta)^{m-k} \qquad (۱۲)$$

با کمک رابطه (۱۲) می‌توان در صورت حضور چند واحد مشابه از یک تجهیز در یک جامعه نمونه، میزان کلی احتمال حضورشان را به‌صورت یک ضریب احتمالی مجزا در نظر گرفت و مجموعه را به‌صورت یک تجهیز مجزا مدل کرد.

۳- بررسی اقتصادی اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف و تعیین نقطه بهینه برای مشترکین

۳-۱- تابع منفعت مشتری برای اعمال DSM

مطالعات مربوط به بهینه‌سازی سیاست‌های مدیریت مصرف دارای هزینه، یک نقطه بهینه در اختیار مشتری قرار می‌دهد؛ به‌نحوی‌که در این نقطه بهینه علاوه بر کاهش مصرف، بیشترین سود ناشی از اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف، برای مشتری ایجاد می‌گردد.

در محاسبات هزینه و فایده، هزینه اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف با علامت منفی و سود ناشی از کاهش مصرف در دراز مدت (با عنوان کاهش هزینه‌های پرداختی) با علامت مثبت نشان داده شده است. در این راستا هزینه مدیریت مصرف تجهیز j با MC_j مشخص شده و تابع منفعت مشتری نیز با B_j تعیین خواهد شد. برای هر یک از سیاست‌های مدیریت مصرف نیز طول عمری در نظر گرفته می‌شود.

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]

بدین صورت که این تغییرات فقط در مدت زمانی که به صورت طول عمر لحاظ شده است، کارا هستند و قابلیت استفاده را دارند. مسلماً با افزایش طول عمر سیاست‌های مدیریت مصرف، سود بازگشتی ناشی از آن‌ها بیشتر شده و دارای پتانسیل بیشتری برای سرمایه‌گذاری خواهند بود. این محاسبات طبق رابطه (۱۳) ارائه می‌گردد.

$$B_j = \left\{365 \times \Delta p_j \times \sum_{i=1}^{24} (\theta_{ij} \times \rho_i)\right\} \times \left\{\frac{(1+I)^{D_j} - 1}{I(1+I)^{D_j}}\right\} - MC_j \quad (۱۳)$$

Δp_j: میزان توان مصرفی کاهش‌یافته تجهیز j، به‌واسطه DSM.

θ_{ij}: ضریب حضور تجهیز j در ساعت i (از بخش ۲).

ρ_i: قیمت برق در ساعت i.

D_j: مدت زمان دوره مورد محاسبه (طول عمر روش پیشنهادی جهت مدیریت مصرف) برای تجهیز j بر حسب سال.

MC_j: تابع هزینه برای اعمال سیاست‌های مدیریتی دارای هزینه.

I: نرخ بهره اسمی.

هزینه‌های معادله (۱۳) از دیدگاه زمان حال می‌باشد. مباحث اقتصاد مهندسی در ضریب ترم اول معادله اعمال شده است. به عبارتی هزینه‌های مربوط به بازگشت سرمایه در درازمدت با توجه به طول عمر تجهیزات، به ارزش فعلی تبدیل می‌گردد؛ زیرا که هزینه پرداختی توسط مشترک در زمان حال صورت می‌پذیرد و برای دقیق‌تر شدن مسئله باید هزینه بازگشتی در درازمدت نیز از دیدگاه زمان حال باشد. در ادامه برای بدست آوردن تابع هزینه MC_j کافی است چند نقطه کاری از هزینه‌ها و تغییرات Δp_j متناسب با آن‌ها را در اختیار داشته باشیم. در این صورت با بهره‌گیری از روش حداقل مربعات تابع هزینه با یک معادله درجه ۲ تقریب زده می‌شود (از ضرایب بالاتر به دلیل کوچک بودن صرف‌نظر می‌کنیم). نهایتاً تابع منفعت مشترک طبق رابطه (۱۴) لحاظ می‌شود. (λ_j، β_j، α_j، ضرایب معادله درجه ۲)

$$B_j = \left\{365 \times \Delta p_j \times \sum_{i=1}^{24} (\theta_{ij} \times \rho_i)\right\} \times \left\{\frac{(1+I)^{D_j} - 1}{I(1+I)^{D_j}}\right\} - (\alpha_j + \beta_j \Delta p_j + \lambda_j \Delta {p_j}^2) \quad (۱۴)$$

نقاط استفاده شده در روش حداقل مربعات رابطه هزینه و تغییرات (کاهش) توان پایه تجهیزات را نشان می‌دهند. به عبارتی اگر C واحد هزینه شود مقدار Δp وات از توان مصرفی تجهیز موردنظر کاسته می‌شود (با شرط ثابت بودن خروجی برای ارضای اهداف مشتری). قابل به ذکر است که هرگونه هزینه‌ای که باعث کاهش تقاضای بار از شبکه شود و توانایی افزایش راندمان تجهیزات را داشته باشد، می‌تواند در این محاسبات لحاظ گردد. در این راستا می‌توان از به‌کارگیری مولدهای خانگی به‌عنوان عاملی کاهنده در بار مصرفی شبکه نیز یاد کرد.

۳-۲- نقطه بهینه برای میزان اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف توسط مشترک

برای بدست آوردن نقطه بهینه Δp به نحوی که سود مشتری در ماکزیمم مقدارش باشد، کافی است تابع منفعت مشتری ماکزیمم گردد. تابع هدف کلی برای n تجهیز، بر حسب Δp_j طبق رابطه (۱۵) تعیین می‌شود.

$$MAX \sum_{j=1}^{n} \left\{\left(365 \times \Delta p_j \times \sum_{i=1}^{24} (\theta_{ij} \times \rho_i)\right) \times \left(\frac{(1+I)^{D_j} - 1}{I(1+I)^{D_j}}\right) - MC_j\right\} \quad (۱۵)$$

طبق رابطه (۱۶) با بهینه سازی معادله، یک Δp_j بهینه بدست می‌آید. با این توضیح که با اعمال مدیریت مصرف بهینه که منجر به ایجاد این مقدار از Δp_j می‌شود، مشتری در دوره D_j بیشترین سود ناشی از کاهش مصرف را خواهد داشت.

$$\Delta p_j = \left\{365 \times \sum_{i=1}^{24} (\theta_{ij} \times \rho_i)\right\} \times \left\{\frac{(1+I)^{D_j} - 1}{I(1+I)^{D_j} \times 2\lambda_j}\right\} - \frac{\beta_j}{2\lambda_j} \quad (۱۶)$$

برای آشکارسازی تأثیر این تغییرات توان بر روی منحنی مصرف شبکه، کافی است اطلاعات خروجی از این بهینه‌سازی که تحت عنوان Δp_j شناخته می‌شود، به روش مبتنی بر تجهیز اعمال گردد. در این راستا برای دستیابی به توان جدید تجهیزات کافی است تفاضل توان اولیه و توان کاهش یافته را بدست آورده و آن را برابر با توان جدید تجهیز در نظر گرفت.

$$P_{new\,j} = P_{old\,j} - \Delta P_j \quad (۱۸)$$

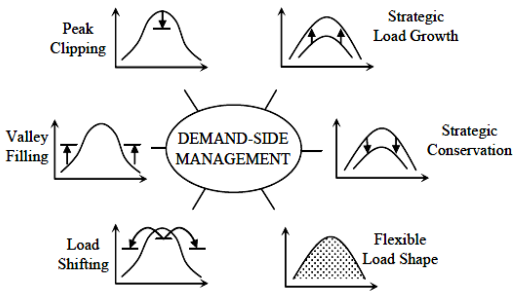
در رابطه (۱۸) $P_{new\,j}$ توان جدید تجهیز jام و $P_{old\,j}$ نیز توان قبلی تجهیز jام قبل از اعمال مدیریت مصرف بهینه می‌باشد.

۴- تأثیر فاکتورهای انگیزه محور بر روی مدل ارائه‌شده

طبق شکل ۲ با توجه به سیاست‌های مدیریت مصرف در بخش خانگی و بررسی تأثیر هر یک بر روی بار، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که اساساً این سیاست‌ها منجر به کاهش میانگین بار یا جابجایی بار (پیک‌سایی) در منحنی مصرف می‌شوند. لذا یا بر روی توان مصرفی تجهیزات و راندمان آن‌ها تأثیر دارند (منوط بر تامین نیازهای مشترک)، یا بر نحوه مصرف مشترکین و عادات مصرف آن‌ها و شدت استفاده از تجهیزات تأثیرگذار خواهند بود. با توجه به روابط ارائه‌شده در بخش‌های ۲ و ۳ می‌تواند این‌چنین نتیجه‌گیری کرد که از دیدگاه مدل بار مبتنی بر تجهیز، سیاست‌های مدیریت مصرف یا بر روی

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]



شکل (۲): برنامه‌های مختلف مدیریت مصرف و نحوه تأثیرات آن

ماتریس توان تجهیزات تأثیر دارند و یا باعث تغییر در مقدار درایه‌های ماتریس ضرایب مصرف می‌شوند. قابل به ذکر است که تأثیرات کلی سیاست‌های مدیریت مصرف بر روی تجهیزات مختلف، متفاوت است و هر تجهیزی به صورتی متفاوت از این برنامه‌ها تأثیر می‌پذیرد. در این راستا انواع مصارف خانگی بواسطه نحوه تأثیرپذیری از نتایج سیاست‌های مدیریت مصرف در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): تأثیرپذیری فعالیت‌های کاربردی خانگی از DSM

نوع فعالیت مشترکین	تجهیزات مورد مطالعه	کنترل‌پذیری برای جابجایی بار	کنترل‌پذیری برای کاهش مصرف میانگین
آشپزخانه و تهیه غذا	یخچال فریزر	×	✓
	ماشین ظرفشویی	✓	✓
	اجاق برقی	×	✓
	غذاساز	×	✓
	مصارف جزئی و ...	...	...
روشنایی	...	×	✓
رسانه، اینترنت و کامپیوتر	تلویزیون	✓	×
	لپ‌تاپ و کامپیوتر شخصی	✓	×
	گیرنده دیجیتالی	×	✓
	مصارف جزئی و ...	...	...
تهویه (سرمایش و گرمایش)	کولر گازی یا آبی (میانگین)	×	✓
	تهویه منزل	×	✓
اتوکشی	...	✓	✓
شست‌وشو و استحمام	ماشین لباسشویی	✓	×
	آبگرمکن و پمپ آب و ...	×	✓
	خشک‌کن لباس	✓	✓
نظافت منزل	جاروبرقی	✓	✓
	مصارف جزئی و ...	...	...

۴-۱- تأثیر رفاه‌طلبی و درآمد خانوار بر مدیریت مصرف بهینه، با تکیه بر مدل مبتنی بر تجهیز

ضریب رفاه‌طلبی میزان گرایش مشترک را برای مقابله با سیاست‌هایی نشان می‌دهد که باعث جابجایی بار و پیک‌سایی در منحنی مصرف شبکه خواهند شد. به عبارتی هرچقدر این ضریب بزرگ‌تر باشد، بدین معناست که انگیزه مشترک برای اعمال این نوع از سیاست‌های مدیریت مصرف کمتر است و تمایلی به پیاده‌سازی آن‌ها ندارد. در پژوهش حاضر این ضریب، عددی بین صفر و یک در نظر گرفته شده است. مسلماً ضریب رفاه‌طلبی تأثیری مستقیم بر روی ضرایب مصرف تجهیزات می‌گذارد و دقیقاً مانند برنامه جابجایی بار عمل خواهد کرد.

لذا با اعمال تأثیر آن بر روی ماتریس ضرایب مصرف، می‌تواند اثر آن را در خروجی مسئله با دقت خوبی نشان داد.

ضریب درآمد خانوار نیز میزان گرایش مشترک را برای مقابله با سیاست‌های مدیریت مصرفی نشان می‌دهد که صرفاً با پرداخت هزینه انجام می‌پذیرد. لذا با افزایش ضریب درآمد خانوار در هر تکرار، تأثیر مدیریت مصرف بهینه (بخش ۳) بر روی منحنی مصرف بیشتر خواهد شد و مقادیر عددی ماتریس انرژی به روز می‌شوند. ضریب درآمد، عددی بین صفر و یک در نظر گرفته شده است.

۴-۱-۱- تأثیر ضریب رفاه‌طلبی بر مدل ارائه‌شده

مسلماً ضریب رفاه‌طلبی بر میزان جابجایی بار تأثیرگذار خواهد بود. به عبارتی یک مشترک با ضریب رفاه‌طلبی صفر، تمایل بر این دارد که در اوقات پیک‌بار، فقط در حد ضرورت از شبکه انرژی دریافت کند و ضریب مصرف کمتری داشته باشد. لذا عامل تعیین‌کننده برای تعیین مقدار ضریب مصرف پیک دلخواه برای برنامه‌های جابجایی بار، رفتار و عادات مشترک خواهد بود. در این راستا برای تعیین ضریب مصرف دلخواه با توجه به رفاه‌طلبی مشترک، رابطه (۱۹) پیشنهاد می‌گردد.

$$\theta'_j = \left\{ \frac{\theta_{\text{ess}\,j}}{\theta_{\max j}} + \left(\left(\frac{\theta_{\max j} - \theta_{\text{ess}\,j}}{\theta_{\max j}} \right) \times y \right) \right\} \times \theta_{\max j} \quad (۱۹)$$

در رابطه (۱۹) $\theta_{\max j}$ نشان دهنده ضریب مصرف تجهیز j ام، قبل از اعمال جابجایی بار می‌باشد و $\theta_{\text{ess}\,j}$ نیز میزان ضریب مصرف ضروری برای ارضای حداقل نیاز مشترک در نظر گرفته شده است و y ضریب رفاه‌طلبی می‌باشد. لذا ضریب مصرف پیک دلخواه که آن را با θ'_j نشان می‌دهیم، به ازای مقادیر مختلف تعیین خواهد شد. در ادامه برای تعیین تأثیر رفاه‌طلبی بر ضرایب مصرف تجهیزات در راستای جابجایی بار، از رابطه (۲۰) استفاده شده است. $\hat{\theta}_{ij}$ ضریب مصرف جدید تجهیز j در ساعت i است.

در این رابطه هر ضریب مصرفی که بیشتر از θ'_j باشد در برنامه‌های پیک‌سایی به این مقدار دلخواه کاهش می‌یابد و در برنامه‌های انتقال بار به ساعات غیر پیک منتقل می‌شود. مقدار ضریب مصرفی که به ساعات غیر پیک منتقل می‌شود به ضریب α بستگی دارد. اولین زمانی که در طول روز، مقادیر ضرایب مصرف از θ'_j بیشتر می‌گردد، با متغیر p مشخص می‌گردد و آخرین زمانی که این مقادیر از θ'_j بیشتر می‌گردد با متغیر q مشخص خواهد شد. t_1 زمان شروع بازیابی انرژی در ساعات غیر پیک و t_2 زمان پایان بازیابی انرژی در ساعات غیر پیک در برنامه‌های انتقال انرژی است. اختلاف بین t_1 و t_2، با h مشخص می‌گردد. رنج α بین صفر و یک می‌باشد و به مقدار انرژی مورد نیاز در ساعات غیر پیک وابسته است. به عنوان مثال اگر α مقدار ۰/۶ را داشته باشد، یعنی ۶۰ درصد از انرژی کاهش یافته در ساعات پیک، به ساعات غیر پیک منتقل شده است. مصرف نهایی تجهیز نمی‌تواند از

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]

حدی کمتر شود که نیازهای مشترک ارضا نگردند؛ لذا ثابت ماندن ضریب ETC_j، قبل و بعد از جابجایی بار، جزو شروط مسئله می‌باشد. به عبارتی مشترکین بدون تغییر در میانگین مصرف خود، فقط زمان مصرف را تغییر خواهند داد. این مسئله زمانی رخ می‌دهد که ضریب α دارای مقداری برابر با ۱ باشد. در این صورت ETC_j قبل و بعد از اعمال برنامه‌های جابجایی بار ثابت خواهد ماند. لذا می‌توان این‌چنین نتیجه‌گیری کرد که مقدار ETC_j پس از اعمال برنامه‌های جابجایی بار، رابطه مستقیمی با α دارد.

$$\hat{\theta}_{ij} = \theta_{ij} - \left\{\left(\theta_{ij} - \theta'_j\right)\omega\right\} + \alpha\left\{\frac{\sum_{i=p}^{q}\left\{\left(\theta_{ij} - \theta'_j\right)\omega\right\}}{h}\right\}\psi \qquad (۲۰)$$

شرایط مسئله نیز عبارت‌اند از:

$$\omega = 1 \quad for \quad L(t) > \theta'_j$$
$$\omega = 0 \quad for \quad L(t) < \theta'_j$$
$$\psi = 1 \quad for \quad t_1 \le t \le t_2$$
$$\psi = 0 \quad for \quad other \quad values \quad of \quad t$$

با توجه به معادلات (۱۹) و (۲۰) و استفاده از اطلاعات آماری ضرایب مصرف تجهیزات در رابطه (۱۰)، می‌توان به ماتریس جدید θ دست یافت. این بدین معناست که با جایگزین کردن مقادیر جدید $\hat{\theta}_{ij}$ در این ماتریس می‌توان منحنی مصرف جدید تجهیزات را تعیین کرد.

۴-۱-۲- تأثیر ضریب درآمد خانوار بر مدل ارائه‌شده

دیگر موضوع مطرح شده در این بخش تأثیرگذاری درآمد خانوار بر مدیریت مصرف بهینه می‌باشد. برای درآمد خانواده نیز ضریبی را بین صفر و یک درنظر می‌گیریم. ضریب درآمد خانوار می‌تواند بر میزان انگیزه مشترکین در اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف دارای هزینه تأثیرگذار باشد. به عبارتی هرچقدر این ضریب به یک نزدیک‌تر باشد، تمایل مشترکین برای پیاده‌سازی برنامه‌های دارای هزینه بیشتر خواهد شد. با توجه به محاسبات بهینه‌سازی سیاست‌های مدیریت مصرف دارای هزینه در بخش ۳، توان نهایی تجهیزات پس از اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف بهینه (که دارای هزینه است) کاهش پیدا می‌نماید. حال‌آنکه این کاهش توان، نیازمند یک سرمایه اولیه برای مشترک می‌باشد. لذا مشترکینی که دارای توان مالی بیشتر باشند می‌توانند به این نقطه بهینه نزدیک‌تر شوند. به عبارتی مشترکی که دارای ضریب درآمدی برابر با یک باشد، می‌تواند این مطالعات را به‌طور کامل پیاده‌سازی کرده و بهترین نقطه اقتصادی را انتخاب کند و مشترکی که دارای ضریب درآمد صفر باشد نمی‌تواند از این کاهش مصرف بهره‌مند گردد. با توجه به مطالب ارائه‌شده، توان بهینه‌سازی شده برای تجهیزات مختلف طبق رابطه (۲۱) بدست خواهد آمد. در معادله (۲۱)، P توان نهایی تعیین‌شده برای تجهیز موردنظر است و P_{old} نیز توان تجهیز قبل از اعمال مدیریت مصرف می‌باشد و X نیز ضریب درآمد خانوار است.

$$P_j = P_{old\,j} - (X \times \Delta P_j) \qquad (۲۱)$$

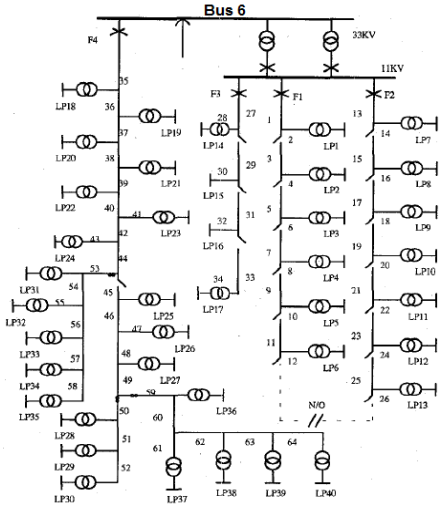
عوامل درآمد و رفاه‌طلبی به ترتیب باعث کاهش میانگین مصرف و جابجایی بار می‌گردند. لذا با استفاده از روابط (۱۹) و (۲۰) و (۲۱) این عوامل در روش ارائه‌شده در این پژوهش درنظر گرفته می‌شوند.

۵- مطالعه موردی (RBTS test system)

در ادامه بر روی یک مجموعه از مصارف متداول که بخش اصلی مصرف خانگی را تشکیل می‌دهند مطالعه می‌کنیم. طبق جدول (۱) هر یک از مصارف موردنظر با توجه به نمونه‌گیری از ۲۰ عدد از هر تجهیز بدست آمده است. نوع مصارف عبارت‌اند از:

۱- تجهیزات آشپزخانه و آشپزی با توان نامی ۴۶۰ وات.
۲- روشنایی با توان نامی ۶۰۰ وات.
۳- رسانه، اینترنت و کامپیوتر با توان نامی ۲۳۰ وات.
۴- تهویه (سرمایش و گرمایش) با توان نامی ۱۵۰۰ وات.
۵- اتوکشی با توان نامی ۱۰۰۰ وات.
۶- شستشو و استحمام با توان نامی ۱۵۰ وات.
۷- شستشو و نظافت منزل با توان نامی ۴۰۰ وات.

مطالعه موردنظر بر روی یکی از باس‌های شبکه تست RBTS انجام‌شده است. شمای فنی این باس و نقاط بار آن در شکل (۳) آورده شده است. (باس ششم شبکه RBTS)



شکل (۳): باس بار ششم از شبکه RBTS مورد مطالعه[۱۳]

اطلاعات مربوط به تعداد مشترکین و میزان تقاضای آن‌ها و نوع تعرفه در مرجع[۱۳] آورده شده است. درعین‌حال اطلاعات مشترکین خانگی باس ششم نیز در جدول (۲) نشان داده شده است. قابل به ذکر است که میزان میانگین مصرف هر تعرفه نسبت به ماکزیمم مقدار موجود در همان تعرفه پریونیت شده است. در این شبکه، در باس ششم علاوه بر مشترکین خانگی، تعدادی از مشترکین تجاری و کشاورزی با مصرفی ناچیز حضور دارند. در ادامه برای تحلیل مسئله و اعمال تأثیر مدیریت مصرف بهینه بر شبکه، تجهیزات فوق را به عنوان مصارف اصلی هر نقطه بار (با توجه به میانگین مصرف و تعداد مشترکین) در نظر گرفته

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]
[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]

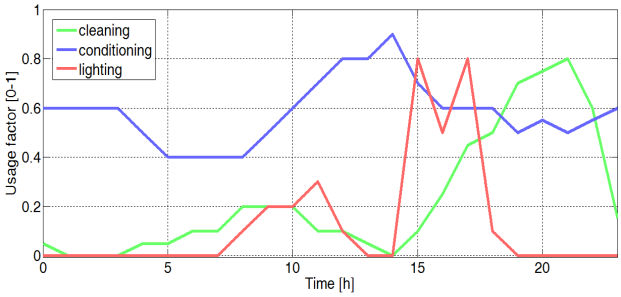
و مصرف هر فیدر را تعیین می‌کنیم. در این راستا ابتدا مدل بار مشترکین خانگی را قبل از اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف بهینه نشان می‌دهیم. در ادامه تأثیر عواملی همچون رفاه‌طلبی و درآمد خانوار را در نتایج مدیریت مصرف بهینه نشان خواهیم داد.

جدول (۲): مشخصات مشترکین باس ششم شبکه RBTS [۱۳]

تعداد مشترکین	میانگین مصرف پریونیت شده	تعرفه مصرفی	شماره نقاط بار مشترکین	تعداد نقاط بار
۱۳۸	۰/۸۲۰۶	خانگی	۱ و ۳ و ۹	۳
۱۲۶	۰/۸۳۵۸	خانگی	۲ و ۴ و ۱۱ و ۱۹	۴
۱۱۸	۱	خانگی	۵ و ۶	۲
۱۴۷	۰/۷۶۶۹	خانگی	۷ و ۸ و ۱۰ و ۱۸ و ۲۳	۵
۱۳۲	۰/۹۵۷	خانگی	۱۲ و ۱۳ و ۲۲	۳
۷۹	۰/۷۱۸۴	خانگی	۲۵ و ۲۸ و ۳۱ و ۳۶	۴
۷۶	۰/۷۳۲۷	خانگی	۲۷ و ۲۹ و ۳۳ و ۳۹	۴

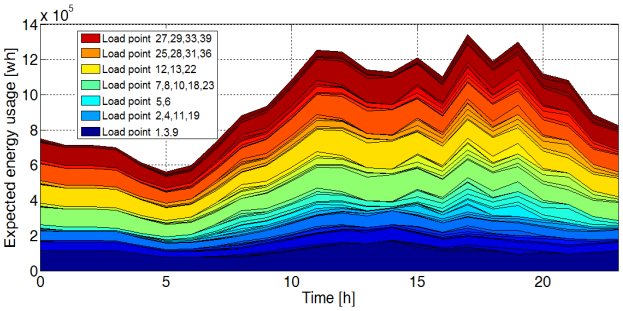
۵-۱- مدل بار، قبل از اعمال مدیریت مصرف بهینه

ابتدا در حالت عادی میزان مصرف کاربری‌های فوق را بدون اعمال هرگونه مدیریت مصرف بهینه (بخش ۳)، بر روی شبکه نشان می‌دهیم. طبق مدل احتمالی مبتنی بر تجهیز، با داشتن توان نامی تجهیزات و احتمال حضور آن‌ها، می‌توان منحنی مصرف میانگین روزانه را تعیین کرد. به عنوان مثال نحوه تغییرات ضرایب مصرف روشنایی، تهویه و نظافت منزل، با توجه به نیاز مشترکین در شکل (۴) قابل‌مشاهده می‌باشد.



شکل ۴: مشخصات ضرایب مصرف روشنایی، تهویه و نظافت منزل

همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌گردد، میزان بار بیشینه در پیک شبکه دارای مقداری برابر ۱۳۴۲/۳۸۶ کیلووات می‌باشد و بار کمینه برابر ۵۶۰/۰۷۳ کیلووات است. بار میانگین نیز ۹۶۲/۷۲۶ کیلووات می‌باشد. در این مرحله هیچ‌گونه مدیریت مصرفی اعمال نشده و مسئله با مقادیر واقعی RBTS شبیه‌سازی‌شده است.



شکل (۵): منحنی مصرف باس ششم، قبل از اعمال مدیریت بهینه

۵-۲- مدل بار پس از اعمال مدیریت مصرف بهینه

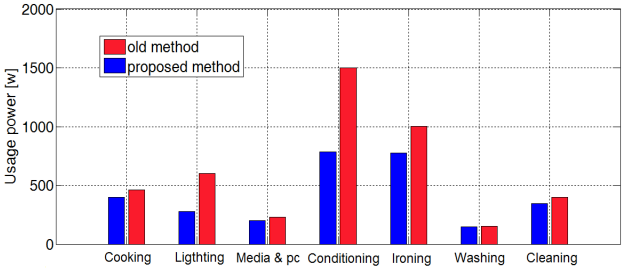
در ادامه با داشتن توان جدید (بدست آمده از مطالعات بخش ۳) و ضرایب مصرف هر تجهیز در هر ساعت، طبق محاسبات انجام‌شده در مدل مبتنی بر تجهیز، تغییرات انرژی مصرفی ناشی از اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف بهینه مدل می‌شود. در این حالت هیچ یک از ضرایب درآمد و رفاه‌طلبی در مدل بار لحاظ نشده‌اند.

توان جدید تجهیزات پس از اعمال مدیریت مصرف بهینه در جدول (۳) آورده شده است. قابل به ذکر است که ضریب ETC_j به ازای تمام jها ثابت است.

جدول (۳): توان کاهش یافته بواسطه مدیریت مصرف بهینه

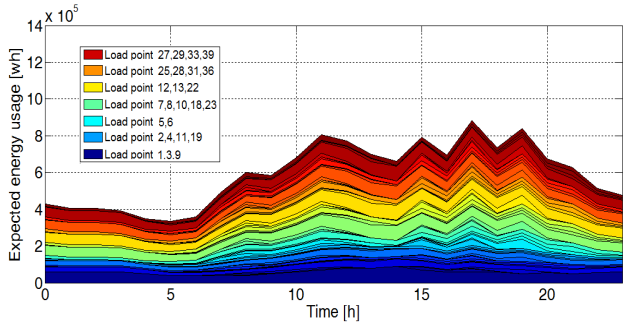
توان کاهش یافته در مصرف [w]	نوع فعالیت مشترکین
۵۹/۸	آشپزخانه و تهیه غذا
۳۲۲/۵	روشنایی
۳۰/۸	رسانه، اینترنت و کامپیوتر
۶۵۲/۳	تهویه (سرمایش و گرمایش)
۲۲۰/۸	اتوکشی
۸/۴	شست و شو و استحمام
۵۵	نظافت منزل

در شکل (۶) تغییرات توان نامی تجهیزات مربوط به هرکدام از انواع مصارف که تحت اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف از لحاظ اقتصادی بهینه‌شده است، دیده می‌شود.



شکل (۶): تغییرات توان نامی تجهیزات قبل و بعد از مدیریت بهینه

در شکل (۷) با توجه به مقادیر محور عمودی، به‌وضوح می‌توانند مشاهده کرد که میزان تغییرات ناشی از مدیریت مصرف بهینه بر اساس قیمت ۲۴ ساعته و طول عمر سیاست مدیریت موردنظر، تأثیری کاهشی بر منحنی مصرف بار داشته است.



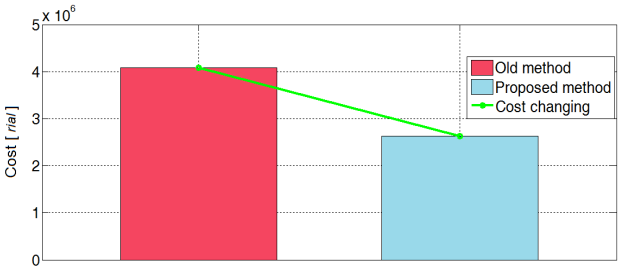
شکل (۷): منحنی مصرف باس ششم پس از اعمال مدیریت بهینه

در این منحنی میزان بار بیشینه و کمینه به ترتیب دارای مقادیر ۸۸۰/۸۵۸ و ۳۳۵/۰۴۵ کیلووات می‌باشد. مصرف میانگین نیز برابر

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]

۵۹۰/۷۶۸ کیلووات می‌باشد. قابل به ذکر است که اگر توان جدید تجهیزات از مقدار بدست آمده از روش مدیریت بار بهینه کمتر یا بیشتر باشد، سود مشتری بیشینه نخواهد بود و لذا از نقطه بهینه دور خواهد ماند. در شکل (۸) نیز تغییرات هزینه پرداختی مشتری ناشی از اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف بهینه، دیده می‌شود.



شکل (۸): تغییرات هزینه مشترک قبل و بعد از مدیریت بهینه

در شکل (۸) هزینه مشترک در حالت عادی دارای مقداری برابر با ۴/۰۸۱۷۴ میلیون ریال می‌باشد. درحالی‌که هزینه پرداختی توسط مشتری با اعمال مدیریت مصرف بهینه دارای مقدار ۲/۶۳۴۹۵۱ میلیون ریال خواهد بود.

۵-۳- تأثیر درآمد و رفاه‌طلبی بر مدل ارائه‌شده

در ادامه تأثیر ضرایب درآمد و رفاه‌طلبی بر روی منحنی مصرف نشان داده شده است. این تأثیرات تحت ۳ سناریو ارائه می‌گردد. منحنی‌های مصرف و مشخصات بار شبکه، در شکل‌های ۹ الی ۱۲ قابل‌مشاهده می‌باشد.

سناریو اول:

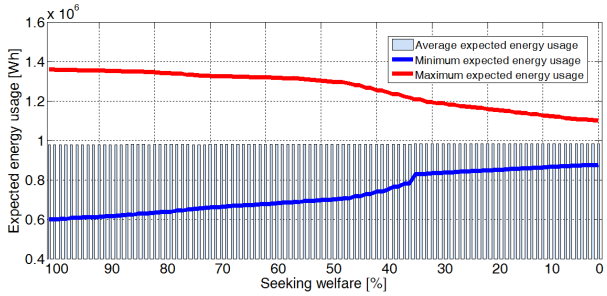
در این بخش قبل از اعمال مدیریت مصرف بهینه، جابجایی بار طبق رابطه (۱۹) و (۲۰) و ضریب رفاه‌طلبی ۰٪ تعیین شده است. در این حالت ضرایب مصرف تجهیزات در ماتریس θ تغییر کرده و مقادیر ماتریس W ثابت مانده است. تغییرات مشخصات بار در شکل ۱۰ و منحنی مصرف شبکه تحت سناریوی اول در شکل ۱۳ نشان داده شده است. با توجه به ثابت بودن مقدار ETC_j، دیده می‌شود که در شکل ۱۰ مقدار انرژی مصرفی میانگین ثابت مانده است. مسلماً پس از جابجایی بار، انرژی مصرفی به میزان انرژی مورد نیاز اضطراری مشترکین رسیده و در این مقدار باقی خواهد ماند. به عنوان مثال ضریب مصرف یک تجهیز نمونه، نسبت به تغییرات رفاه‌طلبی در شکل (۹) نشان داده شده است.

سناریو دوم:

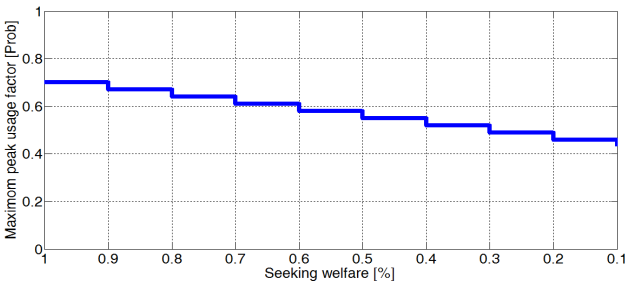
در سناریو دوم تغییرات ناشی از مدیریت مصرف بهینه بر روی منحنی مصرف شبکه اعمال شده است. در این مرحله ماتریس W به‌واسطه تغییرات توان اسمی مصرفی تجهیزات، تغییر نموده و منحنی مصرف جدید تحت سناریوی دوم طبق شکل ۱۳ ارائه خواهد شد. تغییرات مشخصات بار به ازای مقادیر مختلف درآمد خانوار نیز طبق رابطه (۲۱) در شکل ۱۱ نشان داده شده است. اگر ضریب درآمد صفر درنظر گرفته شود، مدیریت مصرف بهینه نقشی در کاهش مصرف انرژی نخواهد داشت. بنابراین انتظار می‌رود که مقدار انرژی مصرفی، برابر با همتای خود قبل از اعمال مدیریت مصرف بهینه باشد.

سناریو سوم:

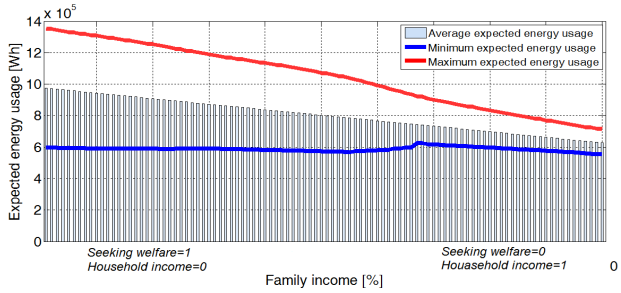
در این مرحله تغییرات ناشی از رفاه‌طلبی و درآمد خانوار همانند قبل به صورت همزمان به مسئله اعمال شده است. تغییرات مشخصات شبکه در شکل ۱۲ و منحنی مصرف مشترکین شبکه تحت سناریوی سوم در شکل ۱۳ نشان داده شده است. منحنی شکل ۱۳ با ۱۰۰٪ درآمد خانوار و ۰٪ رفاه‌طلبی بدست آمده است. به عبارتی هم مدیریت مصرف بهینه به‌طور کامل اجرا گردیده و هم مشترکین فقط به مقدار نیاز حداقلی‌شان مصرف انرژی داشته‌اند.



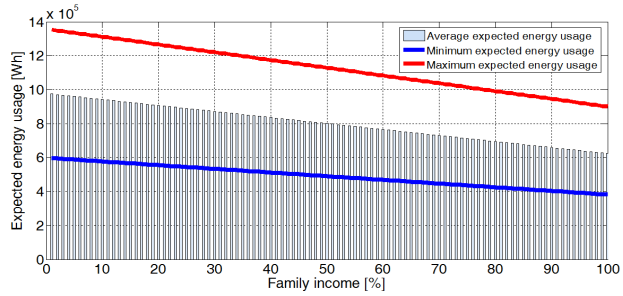
شکل (۱۰): انرژی مصرفی نسبت به تغییرات رفاه‌طلبی



شکل (۹): ضریب مصرف تجهیز نمونه، نسبت به تغییرات رفاه‌طلبی

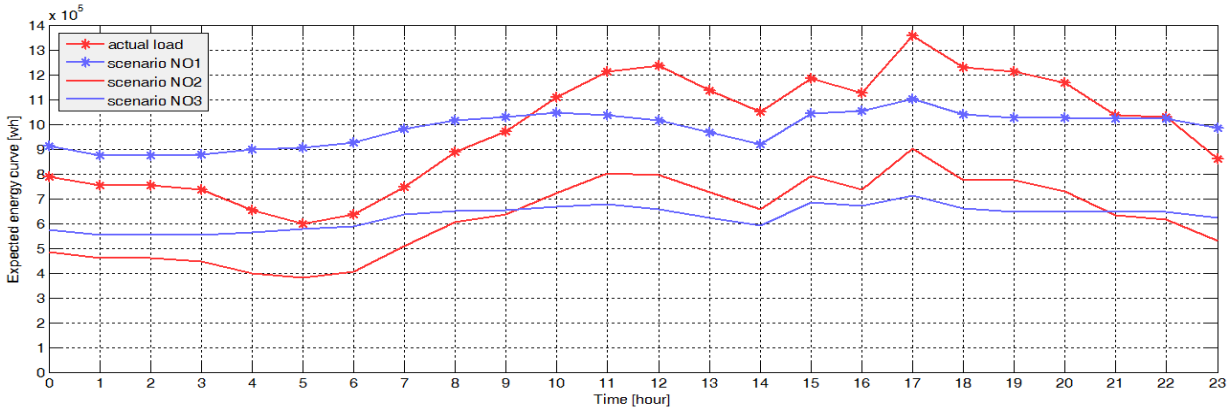


شکل (۱۲): انرژی مصرفی نسبت به ضرایب رفاه‌طلبی و درآمد به‌طور همزمان



شکل (۱۱): انرژی مصرفی نسبت به تغییرات درآمد

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]
[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]



شکل (۱۳): منحنی مصرف مشترکین شبکه تحت سناریوهای مختلف

۶- نتیجه‌گیری

تعیین پتانسیل اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف دیدگاهی جدید برای برنامه‌ریزی بلندمدت شبکه به‌حساب می‌آید. در این پژوهش با تعریف تابع منفعت مشتری و بهینه کردن آن و بهره‌گیری از روشی احتمالی جهت مدل‌سازی بار، مدلی جدید برای تعیین پتانسیل سیاست‌های مدیریت مصرف دارای هزینه ارائه شد. در مطالعات انجام‌شده فاکتورهای رفاه‌طلبی و درآمد خانوار وارد مسئله شده و تأثیر هر یک بر روی منحنی مصرف تعیین گردید. نتایج شبیه‌سازی بر روی شبکه RBTS، نشان می‌دهد که میانگین مصرف به مقدار ۳۸/۶ درصد کاهش پیداکرده و میزان بار پیک (که از اهمیت بیشتری برخوردار است) نیز به مقدار ۳۴/۴ درصد کاهش یافته است و سود درازمدت مشتری در این نقطه کاری به بیشترین حد خواهد رسید و البته مشترک بواسطه رفاه‌طلبی و سطح درآمدش، می‌تواند در فاصله‌ای دورتر یا نزدیک‌تر نسبت به این نقطه بهینه قرار گیرد. مسلماً این افزایش رزرو، تأثیر مستقیمی در قابلیت اطمینان شبکه می‌گذارد. لذا می‌توان از این مطالعات در برنامه‌ریزی افق بلندمدت شبکه استفاده کرد. چارچوب کلی، سهولت پیاده‌سازی و مزایای ذکرشده، استفاده از روش پیشنهادی برای سنجش پتانسیل سیاست‌های مدیریت مصرف در یک سیستم واقعی با ابعاد بزرگ را عملی می‌سازد.

مراجع

[1] Modern power system planning; by X.F, Wang, James MacDonald; McGraw - hill Professional

[2] Adam J. Collin1, George Tsagarakis1, Aristides E. Kiprakis1, and Stephen McLaughlin, "Multi-scale Electrical Load Modeling for Demand-side Management" 3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe), Berlin, 2012

[3] Adam J. Collin1, George Tsagarakis1, Aristides E. Kiprakis1, and Stephen McLaughlin " Development of Low-Voltage Load Models for the Residential Load Sector", IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 29, NO. 5, SEPTEMBER 2014

[4] Chen Chen, Jianhui Wang, Senior Member, and Shalinee Kishore, "A Distributed Direct Load Control Approach for Large-Scale Residential Demand Response" IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 29, NO. 5, SEPTEMBER 2014

[۵] آقامحمدی، مهرداد، محمدابراهیم حاجی آبادی، "ارائه یک روش احتمالی مبتنی بر تجهیز جهت مدل سازی احتمالی بار و سیاست‌های مدیریت مصرف" بیست و نهمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، ۱۳۹۳

[6] M.H. Albadi, E.F. El-Saadani "A summary of demand response in electricity markets", Electric power systems research, Volume 78, Issue 11, November 2008

[7] Chattopadhyay, D. Banerjee, R. Parikh, J. "Integrating demand side options in electric utility planning: a multi objective approach", IEEE Transactions on Power Systems,Volume10, Issue 2, May 1995

[8] H.A. Aalami, M. Parsa Moghadam, G.R. Yousefi, "Demand response modeling considering Interruptible/Curtail able loads and capacity market programs", Applied Energy, Volume 87, Issue 1, January 2010

[9] Aalami, H. Yousefi, G.R. Moghadam, M.P. "Demand Response model considering EDRP and TOU programs," Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2008

[10] Deshun Liu, You Hong Wang, Aiming Zhou "Cost-benefit analysis on IRP/DSM application — a case study in Shanghai" Energy policy, August 1997

[11] Cost-benefit analysis on green building energy efficiency technology application: A case in China Yuming Liua, Xia Guob, Energy and Buildings Volume 82, October 2014

[۱۲] محمدحسن مرادی، مصطفی اسدی، "مروری بر تجربیات اجرای برنامه‌های مدیریت طرف تقاضای برق (DSM) در کشورهای مختلف جهان و پیشنهادهایی برای ایران " دوازدهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق، ۱۳۸۸

[13] Roy Billinton, Satish Jonnavithula "A Test System For Teaching Overall Power System Reliability Assessment" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 1 1, No. 4, November 1996

---

۱ Demand Side Management (DSM)
۲ Expected Power usage (EP)
۳ Expected Energy usage (EE)

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-07-11]
[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.1.5.8]