ارزیابی تأثیر بلندمدت بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی بر الگوی بار شبکه به صورت فازی

مهدی بهرنگ راد و محسن پارسا مقدم

چکیده: ارزیابی تأثیر بلندمدت پیاده‌سازی مدیریت مصرف لوازم برقی خانگی بر روی الگوی بار و انرژی در درازمدت با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در رفتار سمت مصرف، همواره دقت بالایی از مدل‌سازی را می‌طلبد. در این مدل‌سازی باید عوامل جانبی تأثیرگذار شناسایی و در نظر گرفته شوند. اصولاً تخمین‌های مهندسی مهم‌ترین اطلاعاتی است که در این فرآیند موجود است. مضافاً اینکه همگن‌نبودن ساختار مصرف‌کنندگان و رفتارهای متفاوت آنها در قبال سیاست‌های مدیریت مصرف بر پیچیدگی مسأله می‌افزاید. در این مقاله با گروه‌بندی مصرف‌کنندگان دارای رفتار مشابه و در نظرگیری کلیه عوامل مؤثر و نیز مدل‌سازی فازی عدم قطعیت‌ها، مدلی دقیق برای ارزیابی تأثیرپذیری الگوی بار در درازمدت با توجه به برنامه‌های مدیریت مصرف ارائه شده است. برنامه مورد نظر در این مقاله کاهش استراتژیک مصرف از نوع بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی بوده و دلیل این انتخاب، تأثیر قابل توجه این لوازم در الگوی بار بخش خانگی ایران می‌باشد. در انتهای مقاله نتایج عددی تخمینی پیاده‌سازی راهکار پیشنهادی مقاله ارائه شده است.

***کلید واژه:* تغییر الگوی بار، کاهش راهبردی مصرف، لوازم برقی خانگی، مدل‌سازی فازی.**

۱- مقدمه

ارزیابی تأثیر راهکارهای مدیریت مصرف همواره از مهم‌ترین مباحث اجرای سناریوهای DSM[1] بوده است. تخمینی صحیح از اثرپذیری درازمدت الگوی بار به واسطه پیاده‌سازی طرح‌های مدیریت مصرف از دیدگاه برنامه‌ریزی سیستم همواره دارای اهمیت است. نتایج این ارزیابی از طرفی به مدل‌سازی صحیح کلیه عوامل مؤثر وابسته بوده، و از طرف دیگر به نحوه مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها و واردکردن تخمین‌های اجتناب‌ناپذیر عوامل فوق مرتبط است. ذات احتمالاتی پارامترهای مؤثر، وابسته‌بودن بسیاری از اطلاعات مورد نیاز به رفتار مصرف‌کنندگان در آینده، گستردگی و متنوع‌بودن مخاطبان یک برنامه خاص، این موضوع را پیچیده و چندبعدی نموده است. از طرفی دیگر معین‌نمودن خروجی و هدف مورد ارزیابی نیز از موارد مورد بحث است. به طور کلی در راهکارهای بلندمدت پیاده‌سازی مدیریت مصرف، برنامه‌های کاهش راهبردی مصرف[2]، مانند بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی، تأثیر بر جوانب اقتصادی کاهش مصرف انرژی و میزان کاهش آلودگی توجه بیشتری می‌شود. به بیانی دیگر تأثیر مدیریت مصرف با تکیه بر کاهش انرژی برای واردکردن در فرایند IRP[3] مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱] تا [۴].

تاکنون در مورد ارزیابی تأثیر راهکارهای مدیریت مصرف بر روی الگوی بار در کوتاه مدت مطالعاتی انجام شده است که بیشتر روش‌هایی مانند کنترل بار در جهت کاهش پیک، تغییر قابلیت اطمینان و بهبود عملکرد اقتصادی سیستم را شامل می‌شود [۵]. برای قضاوت در مورد وقوع و درست‌بودن ارزیابی‌های انجام‌شده، پروتکل‌ها و روال‌هایی نیز، پس از پیاده‌سازی واقعی برنامه وجود دارد [۶].

در این مقاله ارزیابی تغییر الگوی منحنی بار در درازمدت مورد بررسی قرار می‌گیرد. به منظور افزایش دقت، پارامترهایی که ذاتی احتمالاتی‌تر و تخمینی‌تر دارند به صورت فازی مدل شده‌اند. لازم به ذکر است که دقت در مدل‌سازی این فرآیند همواره مورد تأیید برنامه‌ریزان سیستم بوده است [۷]. نوع کمیت فازی استفاده‌شده در این مقاله به صورت TFN[4] می‌باشد.

در مجموع برای ارزیابی تأثیر راهکارهای بلندمدت کاهش استراتژیک مصرف لوازم برقی خانگی، که راهکار مورد نظر این مقاله است، تاکنون به کاهش میزان انرژی مصرفی و یا بعضاً میزان انرژی مصرفی قابل تقلیل در زمان پیک، توجه شده است و در مورد نحوه تأثیر بلندمدت این راهکارها بر الگوی بار، مطالعات کمتری انجام گرفته است.

اصولاً دو عامل مهم بیشترین تأثیر را بر الگوی مصرف لوازم برقی خانگی و رفتار مصرف‌کننده در قبال سیاست‌های مدیریت مصرف دارا هستند [۸]. این عوامل مؤثر در کشورها و فرهنگ‌های مختلف می‌تواند بسیار متفاوت باشد. بر حسب این عوامل، در این مطالعه، مصرف‌کنندگان به گروه‌های مجزا تقسیم می‌شوند. این عوامل عبارتند از:

- نوع آب و هوا از لحاظ اقلیمی (گرمسیر و غیر گرمسیر)
- سطح ثروت و طبقه مالی مصرف‌کننده(سطح بالا و سطح پایین)

عواملی چون ضریب آشنایی با برنامه در اثر معرفی، میزان سود و هزینه برنامه از دید مصرف‌کننده و در نتیجه میزان مشارکت آنان در هر گروه، میزان خروج از برنامه، میزان تغییر راندمان برنامه در درازمدت، امکان تغییر مشخصات فنی لوازم بهینه در درازمدت با توجه به تغییرات سیاست‌های استاندارد انرژی و همچنین تغییرات الگوی مصرف لوازم در درازمدت برای هر گروه از مصرف‌کنندگان، در مدل‌سازی مسأله لحاظ می‌شود. لازم به توضیح است که دلیل انتخاب بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی به عنوان یک طرح، سهم تقریبی ۷۰ درصدی انرژی مصرفی این لوازم از مصرف بخش خانگی ایران است. بخش خانگی نیز با سهم تقریبی ۳۵ درصد از مصرف کل انرژی ایران، که بار هم‌زمان آن در زمان پیک به حدود ۵۰ درصد نیز می‌رسد، از بزرگ‌ترین مؤلفه‌های مصرف

این مقاله در تاریخ ۵ شهریور ماه ۱۳۸۵ دریافت و در تاریخ ۱ خرداد ماه ۱۳۸۶ بازنگری شد.

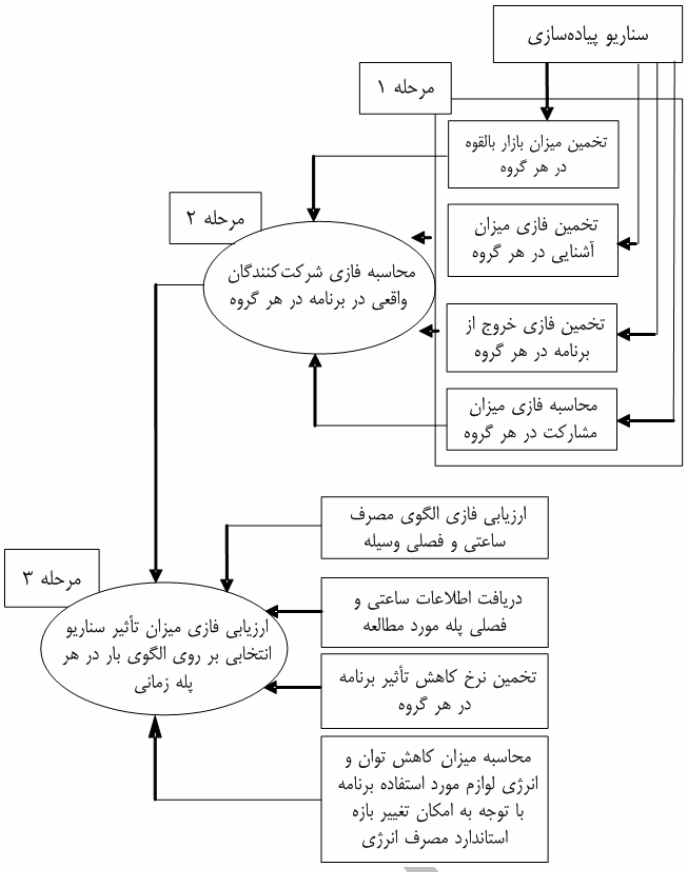
مهدی بهرنگ راد، دانشکده فنی- مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس ایران، تهران کدپستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵ (email: m.behrang.r@gmail.com).

محسن پارسا مقدم، دانشکده فنی- مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس ایران، تهران کدپستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵ (parsa@modares.ac.ir).

1. Demand Side Management
2. Strategic Conservation
3. Integrated Resource planning
4. Triangular Fuzzy Number

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: فلوچارت ارزیابی تأثیر طرح DSM.

می‌باشد. مضافاً باید رشد فزاینده تمایل خانوارهای ایرانی به استفاده از لوازم برقی خانگی متنوع و کیفیت عمومی پایین لوازم موجود در بازار را نیز مد نظر داشت.

۲- مدل‌سازی مسأله

فلوچارت روش پیشنهادی مقاله برای روند ارزیابی تأثیر بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی (یا دیگر برنامه‌های کاهش استراتژیک مصرف)، در شکل ۱ نشان داده شده است.

الگوریتم فوق برای ارزیابی تأثیر یک طرح DSM (مثلاً بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی) برای افزایش دقت در هر پله زمانی دلخواه، در طول عمر برنامه مدیریت مصرف تکرار می‌شود. همچنین انتخاب پله زمانی (روزانه، فصلی یا سالانه)، که واحد زمانی مطالعات محسوب می‌شود، بستگی کامل به نوع برنامه و میزان اطلاعات موجود دارد. روش پیشنهادی این مقاله را می‌توان برای ارزیابی تأثیر بر روی میانگین تغییر الگوی بار ساعتی و یا میزان مصرف انرژی در هر پله زمانی استفاده نمود. در ادامه نحوه مدل‌سازی هر یک از مراحل ارائه می‌شود.

مرحله اول، تخمین تعداد واقعی شرکت‌کنندگان در برنامه از میان تعداد بالقوه آنان: در هر پله زمانی پس از تعیین سیاست‌های پیاده‌سازی، روال زیر طی می‌شود:

الف- تخمین میزان بازار بالقوه در هر گروه: هر برنامه مطرح‌شده دارای یک جامعه عام پذیرنده طرح می‌باشد که آمار تعداد مصرف‌کنندگان آن بازار بالقوه می‌باشند. این مقدار در هر گروه (اقلیم b ام و سطح ثروت a ام) در پله زمانی i ام برای بهینه‌سازی و عرضه وسیله برقی j ام به صورت N_{TJ}^{abi} نشان داده می‌شوند و به صورت آماری باید تخمین زده شوند.

ب- تخمین فازی میزان آشنایی در هر گروه: این مقدار بیانگر میزان آشنایی و آگاهی هر گروه (اقلیم b ام و سطح ثروت a ام) در بازار بالقوه، از برنامه بهینه‌سازی محصول j ام در پله زمانی i ام می‌باشد. به دلیل ذات احتمالاتی، این مقدار با یک عدد فازی مثلثی مدل می‌شود که به صورت $\widetilde{\alpha}_j^{ab}(i)$ نشان داده شده است. نوع فازی‌سازی مد نظر در این مقاله به صورتی است که برای هر کمیت عددی، سه مشخصه بیشترین مقدار ممکن (mpv)، کمترین مقدار ممکن (lpv) و مقدار دارای بالاترین احتمال از نظر خبرگان (pv) مدل می‌شود. این مقدار با سیاست‌گذاری متولیان امر قابل تغییر و تعیین است.

ج- تخمین فازی خروج از برنامه در هر گروه: این مقدار برابر خروج مشارکت‌کنندگان پله‌های قبل از برنامه است که به دلیل نارضایتی و یا تغییر الگوی مصرف می‌باشد و با $dr_j^{ab}(i)$ نشان داده می‌شود. این پارامتر نیز به دلیل ارتباط با مصرف‌کنندگان به صورت فازی مثلثی مدل شده است.

د- محاسبه فازی میزان مشارکت در هر گروه: $\widetilde{Pf}_j^{abi}$ برابر با درصد مشارکت مصرف‌کنندگان دارای قابلیت و آگاه گروه‌های مصرف‌کننده از برنامه j ام، برای شرکت در برنامه در پله زمانی i است. این میزان از روی مدل مبتنی بر اقتصاد مصرف‌کننده به دست می‌آید. در این مدل میزان درصد مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه، یک تابع نزولی بر حسب افزایش زمان بازگشت سرمایه است. از این رو نیازمند ارائه یک مدل از هزینه انتخاب و تهیه یک وسیله برقی خانگی و نحوه بازگشت سرمایه (به دلیل بالاتربودن عمومی قیمت خرید اولیه محصولات بهینه) در صورت انتخاب محصول بهینه هستیم که در ادامه مقاله به نحوه آن اشاره می‌شود. ارگان متولی پیاده‌سازی برنامه مدیریت مصرف، با انتخاب سناریوهای مختلف پیاده‌سازی متفاوت از لحاظ مشوق‌های اقتصادی و ابزار کنترلی از جمله تعرفه می‌تواند بر روی این متغیر تأثیرگذاری کند. این متغییر نیز به صورت فازی مثلثی مدل می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

مرحله دوم، محاسبه فازی تعداد شرکت‌کنندگان واقعی در برنامه در هر گروه: با توجه به تفاصیل شرح داده شده در مرحله اول، میزان تعداد کل شرکت‌کنندگان واقعی در برنامه یا $\widehat{N}_j^{abi}$ را می‌توان به صورت (۱) مدل کرد

$$\widehat{N}_j^{abi} = \sum_{i=1}^{i=I} (N_{TJ}^{abi} . \widehat{\alpha}_j^{ab}(i) . P\widehat{f}_j^{abi} . (1 - d\widehat{r}_j^{ab}(i)) \qquad (1)$$

مرحله سوم، ارزیابی فازی میزان تأثیر سناریو انتخابی در هر پله زمانی بر الگوی بار:

الف- ارزیابی فازی الگوی مصرف ساعتی و فصلی وسیله: همان‌طور که گفته شد در این مطالعه به دنبال ارزیابی تأثیر بهینه‌سازی وسیله برقی jام بر الگوی مصرف شبکه هستیم. برای این امر باید الگوی ساعتی مصرف هر وسیله یا به عبارتی احتمال حضور هر وسیله در شبکه را در هر ساعت از روز، به تفکیک فصل‌های مختلف داشته باشیم. بیان دیگر این کمیت، احتمال حضور وسیله در هر ساعت از روز در فصول معین می‌باشد. از این رو این احتمال به صورت فازی مشخص می‌شود. این کمیت که در هر گروه از مصرف‌کنندگان، با توجه به الگوی مصرف متفاوت لوازم برقی خانگی متفاوت می‌باشد و برای هر ساعت از شبانه‌روز به صورت $\widehat{HP}_{js}^{abi}(t)$ نشان داده می‌شود.

ب- دریافت اطلاعات ساعتی و فصلی پله مورد مطالعه: در این قسمت مشخصات هر پله زمانی در انطباق با فصول مختلف و ساعت مورد نظر که میزان تغییر در آن مطلوب می‌باشد دریافت می‌گردد.

ج- تخمین نرخ افت تأثیر برنامه در هر گروه: لازم است که میزان افت تأثیر برنامه به دلیل خرابی و یا افت راندمان لوازم برقی به کار گرفته شده در مراحل قبلی تخمین زده شود که این مقدار با $\Delta\lambda_j^{ab}(i)$ نشان داده شده است. این مقدار می‌تواند با توجه به الگوی مصرف متفاوت لوازم در گروه‌های مختلف مصرف‌کننده متفاوت باشد.

د- محاسبه میزان کاهش توان و انرژی لوازم در صورت بهینه‌سازی: در این قسمت میزان تغییر توان و انرژی مصرفی وسیله بهینه در قیاس با وسیله معمولی محاسبه می‌گردد. این اطلاعات عمدتاً خروجی‌های آزمایشات فرآیند تعیین برچسب مصرف انرژی الکتریکی وسیله هستند. در مدل طراحی‌شده در این مقاله امکان تغییر بازه‌های برچسب مصرف انرژی در طول پله‌های زمانی با تغییر استاندارد دیده شده است.

در این مرحله، مجموع میزان تأثیر بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی بر روی تغییر الگوی بار ساعتی در پله زمانی i واقع در فصل s را مطابق ۲ می‌توان ارائه کرد. همان‌طور که دیده می‌شود این مقدار که بیانگر میزان تغییر بار در هر ساعت از پله زمانی iام است خود یک عدد فازی است. باید اشاره کرد در صورتی که پله بازه زمانی فراتر از روز انتخاب شود، باید برای هر پله یک منحنی نوعی ۲۴ ساعته در نظر گرفت که توانایی به دست آوردن چنین منحنی نوعی با دقت مطلوب باید در انتخاب پله زمانی مدنظر قرار گیرد.

$$\Delta\widehat{L}(t)_s^i = \sum_{j=1}^{N} \sum_{b=0}^{B} \sum_{a=0}^{A} (\widehat{N}_j^{abi} . \widehat{HP}_{js}^{abi}(t) . \Delta P_j^i . (1 - \Delta\lambda_j^{ab}(i)) \qquad (2)$$

در (۲) متغیرها به شرح ذیل می‌باشد:

$\Delta\widehat{L}(t)_s^i$: میزان فازی تغییر بار در ساعت tام از منحنی نوعی ساعتی پله iام در فصل s.

s: فصل سال از لحاظ گرما و سرما.

A: تعداد سطوح مالی مورد بررسی در مصرف‌کنندگان.

B: تعداد اقلیم‌های آب و هوایی در نظر گرفته شده.

۳- مدل‌سازی هزینه انتخاب وسیله برقی بهینه و پذیرش طرح مدیریت مصرف

همان‌طور که پیشتر گفته شد یکی از مهمترین عوامل در تأثیرگذاری طرح‌های مدیریت مصرف پذیرش طرح از سوی مصرف‌کنندگان است. در این مقاله تخمین میزان این پذیرش بر اساس مدل مبتنی بر اقتصاد صورت می‌گیرد. در این مدل میزان پذیرش طرح نسبت معکوس با زمان بازگشت اقتصادی سرمایه‌گذاری انجام‌شده دارد و هرچه این بازگشت سرمایه در زمان کوتاه‌تری صورت گیرد درصد مشارکت و پذیرش طرح بالاتر خواهد بود. لازم به ذکر است که در این مقاله عامل آشنایی با برنامه و عامل فرهنگی به صورتی ضریبی مجزا در نظر گرفته شده است تا عامل پذیرش وابستگی مستقیم با اقتصاد برنامه داشته باشد.

از طرفی دیگر به دلیل ماهیت برنامه پیشنهادی و عدم امکان نارضایت‌مندی از وسیله و عدم کاهش رفاه مصرف‌کننده، شرایط اقتصادی مسأله به عنوان مهم‌ترین عامل در پذیرش طرح تثبیت می‌شود. برای مدل‌سازی پذیرش طرح ابتدا نیاز به مدل‌سازی هزینه مترتب در اختیارگرفتن یک وسیله برقی خانگی است. این هزینه‌ها که شامل سه دسته عمده زیر می‌باشند به عنوان هزینه طول عمر وسیله (TLCC)[1] در نظر گرفته می‌شود

۱- هزینه خرید.

۲- هزینه انرژی مصرف‌شده در طول مدت عمر وسیله با توجه به افت راندمان وسیله. مسلماً لوازم با رتبه انرژی بالاتر افت راندمان کمتر و هزینه انرژی پایین‌تری دارند.

۳- هزینه تعمیر و نگهداری وسیله. اصولاً لوازم با رتبه انرژی بالاتر به دلیل کیفیت ساخت بالاتر، افت راندمان کمتر و نتیجتاً هزینه تعمیر و نگهداری پایین‌تری دارند.

رابطه (۳) فرمول محاسبه این هزینه، که به عنوان یک شاخص عملکردی بهینه می‌تواند باشد، را نشان می‌دهد [۸]

$$TLCC = f(\cdot) + \sum_{t_i=0}^{t_{LF}-1} \frac{E_{yr}}{1-\Delta\lambda(t_i)} P(t_i) + \sum_{t_i=t_{GR}}^{t_{LF}-1} KR_{CR} e^{Infr(t_i)} \qquad (3)$$

پارامترها و علائم در رابطه فوق به شرح زیر می‌باشند:

$\Delta\lambda(t_i)$: درصد افت راندمان وسیله در طول زمان.

$f(\cdot)$: هزینه اولیه خرید بر حسب ریال.

E_{yr}: میزان انرژی مصرفی سالانه بر حسب KWh.

K: ضریبی که بیانگر میانگین میزان دفعات نیاز به تعمیر وسیله در هر سال است و هرچه وسیله کیفیت ساخت بالاتری داشته باشد، این ضریب کمتر است. جنس K را برحسب (سال/تعداد) می‌توان تعریف کرد.

R_{cr}: هزینه متوسط تعمیرات وسیله در هر بار سرویس بر حسب (تعداد/ریال).

t_{LF}: طول عمر وسیله بر حسب سال.

t_{GR}: مدت ضمانت و گارانتی فنی وسیله بر حسب سال.

$Infr(t_i)$: نرخ تورم در سال.

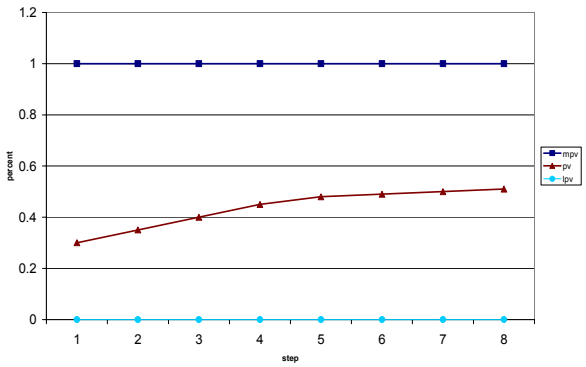
$P(t_i)$: قیمت واحد انرژی برق با توجه به سال و جایگاه مصرفی مصرف‌کننده با در نظر گرفتن نرخ تصاعدی برق.

وسایلی با استاندارد بالاتر و کیفیت برتر ساخت در یک کلاس خاص در قیاس با لوازم کم‌راندمان و پرمصرف و بی‌کیفیت‌تر، هزینه کل طول عمر کم‌تری دارند که این امر با توجه به E_{yr} پایین‌تر، افت راندمان کمتر

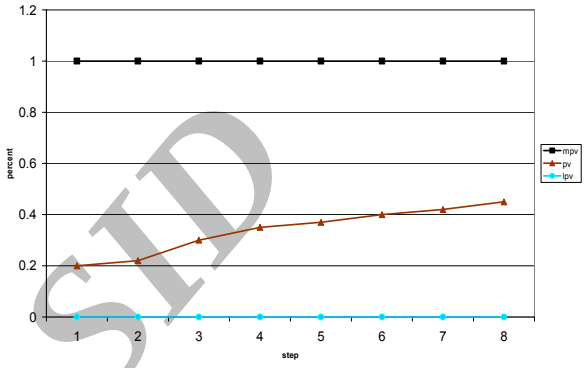
1. Total Life Cycle Cost

Archive of SID

www.SID.ir



(الف)



(ب)

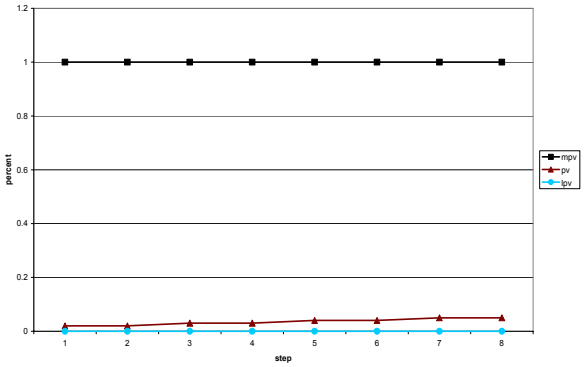
شکل ۲: الگوی تغییر آشنایی با برنامه، (الف) سطح مالی بالا و (ب) سطح مالی پایین.

جدول ۱: میزان بازار بالقوه کولر گازی در هر پله زمانی و در هر گروه مصرف‌کننده.

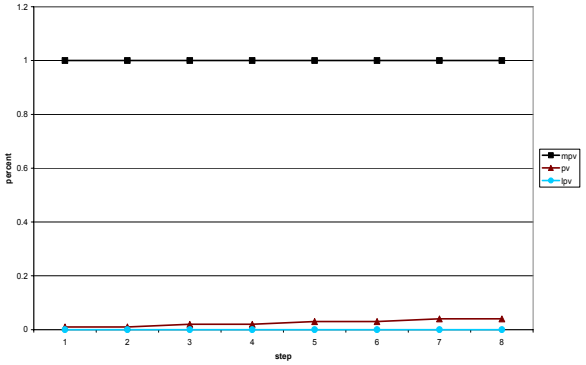
پله زمانی	تعداد در گروه سطح مالی بالا	تعداد در گروه سطح مالی پایین
۱	۴۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
۲	۰	۰
۳	۴۴۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰
۴	۰	۰
۵	۴۸۴۰۰۰	۱۲۱۰۰۰
۶	۰	۰
۷	۵۳۲۴۰۰	۱۳۳۱۰۰
۸	۰	۰

و K پایین‌تر می‌باشد. مطالعات عددی دقیق این پارامتر نیازمند ثبت یک سری اطلاعات از جمله میزان هزینه میانگین تعمیرات، میزان این تغییر نسبت به کیفیت، منحنی تغییر راندمان وسایل با زمان و غیره است.

اصولاً هزینه در اختیار گرفتن محصولات مختلف از لحاظ کیفیت، یکسان نخواهد بود. لوازم دارای کیفیت ساخت بالاتر و رتبه انرژی بالاتر شاخص پایین‌تری خواهند داشت. اما عموماً لوازم با کیفیت‌تر هزینه اولیه بالاتری را برای خرید طلب می‌کنند. با مدل‌سازی سناریوهای مختلف پیاده‌سازی طرح مدیریت مصرف باید در رابطه با بازگشت این سرمایه اولیه بیشتر و توجیه‌شدن انتخاب وسیله برتر از لحاظ اقتصادی برای مصرف‌کننده به تخمین درصد مشارکت آنها در برنامه مبادرت ورزید. انتخاب این سناریو می‌تواند شامل تأثیرگذاری بر کلیه متغیرهایی باشد که اجزا هزینه یا شاخص هزینه کل طول عمر را تشکیل می‌دهند تا از این لحاظ بر بازگشت سرمایه و میزان پذیرش تأثیرگذاری کند. در اینجا لازم به ذکر است که فرض می‌شود محصولات برقی بهینه، پارامترهای غیرفنی ولی جانبی مهمی که برای یک خریدار مهم می‌باشد، مانند زیبایی و ...، را در حد مطلوب رعایت کند.



(الف)



(ب)

شکل ۳: الگوی خروج از برنامه، (الف) سطح مالی بالا و (ب) سطح مالی پایین.

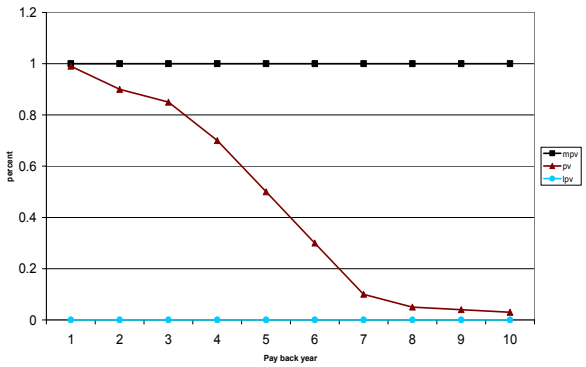
٤- مطالعات عددی

در این مطالعه وسیله‌ای که برای بهینه‌سازی انتخاب شده، کولر گازی می‌باشد. این محصول در فصول گرم هر سال، در سال شروع برنامه در حدود ۵۰۰ هزار عدد، به فروش می‌رسد [۹]، که تماماً در مناطق گرم‌سیر می‌باشد (تعداد منطقه آب و هوایی مناسب برای بازار بالقوه تنها یک عدد می‌باشد). فرض شده است که ۸۰٪ فروش این محصول در بین خانوارهای دارای سطح ثروت بالا بوده و تنها ۲۰٪ از این محصول در خانوارهای با سطح ثروت پایین مصرف شود. میزان رشد مصرف این محصول سالانه ۱۰٪ تخمین زده شده است. با داشتن این مقادیر میزان بازار بالقوه در هر گروه از مصرف‌کنندگان در هر پله زمانی منتخب، که هر سال را به دو دوره گرم و غیر گرم تقسیم می‌کند، را به دست خواهیم آورد. این مقادیر در جدول ۱ ارائه شده است. تقسیم‌بندی پله زمانی مطالعه را می‌توان بسیار کوچک‌تر به صورت فصلی، ماهانه، و یا حتی روزانه در نظر گرفت که در این صورت تنها حجم محاسبات افزایش می‌یابد ولی در روال ارزیابی تغییری نخواهد داد. میزان آشنایی با برنامه در گروه سطح مالی بالا و پایین به صورت شکل ۲ فرض می‌شود. همان‌طور که دیده می‌شود می‌توان رفتار متفاوت مصرف‌کنندگان گروه‌ها را با توجه به مشخصات فرهنگی هر دسته و امکانات رسانه‌ای برای مطلع‌شدن از برنامه در نظر گرفت.

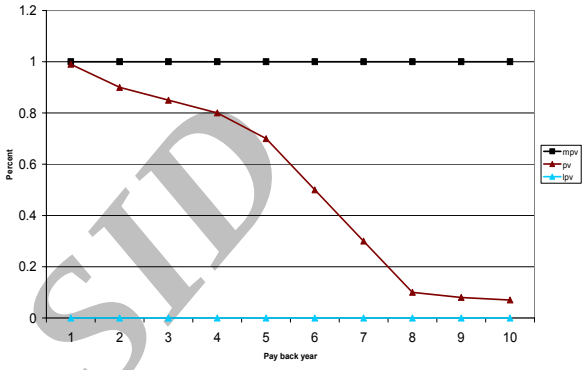
نرخ خروج از برنامه به دلیل نوع برنامه، عدم امکان نارضایتمندی و عدم تغییر سایر عوامل مصرف یک وسیله بهینه کم می‌باشد. این میزان برای گروه‌های مصرف‌کننده به صورت شکل ۳ در نظر گرفته می‌شود. در این حالت مختصات رفتاری هر گروه را می‌توان به صورت مجزا در برنامه در نظر گرفت. منحنی نوعی میزان درصد مشارکت بر حسب بازگشت سرمایه هر دو گروه برای سادگی یکسان فرض شده و به صورت شکل ۴ در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که در مدل طراحی‌شده، میزان

Archive of SID

www.SID.ir

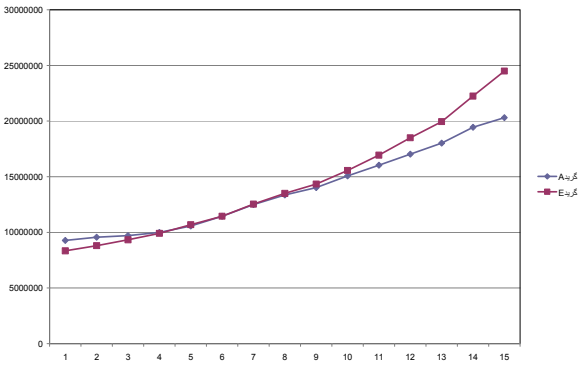


(الف)



(ب)

شکل ۴: منحنی نوعی میزان درصد مشارکت بر حسب بازگشت سرمایه، (الف) سطح مالی بالا و (ب) سطح مالی پایین.



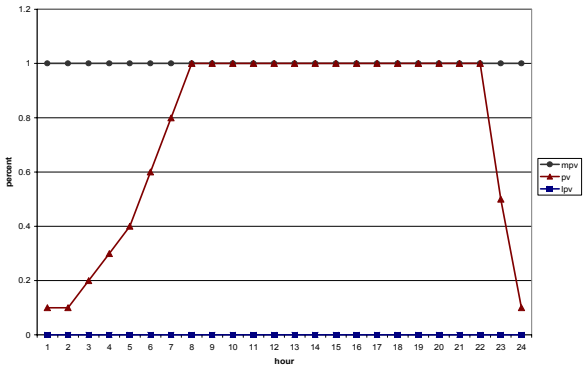
شکل ۵: منحنی هزینه بر حسب سال برای کولر گازی بهینه در قیاس با کولر معمول بازار.

جدول ۲: سال بازگشت سرمایه در ۸ پله زمانی اول برنامه.

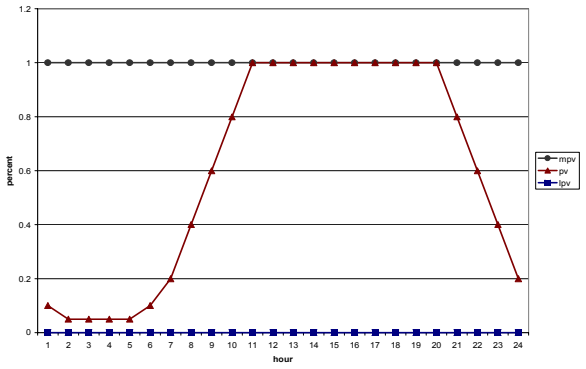
سال بازگشت سرمایه	سال پیاده سازی
۵	۱
۵	۲
۴	۳
۴	۴

پذیرش طرح در گروه‌های مختلف با توجه به تفاوت سطح مالی و اقتصادی متفاوت می‌باشد. در این حالت با در نظر گرفتن این تفاوت منحنی مشارکت بر حسب سال بازگشت سرمایه به صورت شکل ۴ ارائه می‌شود.

برای محاسبه میزان بازگشت سرمایه انتخاب یک کولر گازی بهینه نسبت به یک نمونه معمولی، منحنی هزینه بر حسب سال برای هر مورد در شکل ۵ محاسبه شده است [۱۰]. چنانچه در شکل ۵ نشان داده شده،

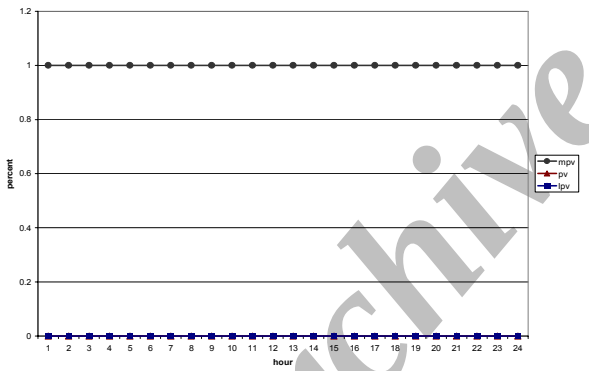


(الف)



(ب)

شکل ۶: الگوی مصرف ساعتی کولر گازی در گروه‌های مصرف‌کننده در فصل گرم، (الف) سطح مالی بالا و (ب) سطح مالی پایین.



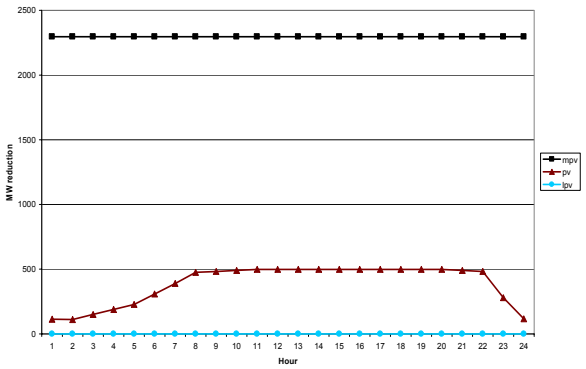
شکل ۷: الگوی مصرف ساعتی کولر گازی در گروه‌های مصرف‌کننده در فصل سرد.

سال بازگشت سرمایه در شرایط اقتصادی سال اول اجرای برنامه در حدود ۵ سال می‌باشد. این روال برای هر سال عرضه محصول بهینه با توجه به تغییر قیمت خرید اولیه بر حسب تورم و افزایش تعرفه و با تغییر هر متغییری که در شاخص با زمان تغییر می‌نماید، باید تکرار گردد. با طی این روال و در نظر گرفتن تورم ۲۰ درصدی و افزایش تعرفه ۱۰ درصدی برق و عدم تغییر پارامترهای فنی دیگر، سال بازگشت سرمایه طرح در طی چهار سال اول یا ۸ پله زمانی اول طرح به صورت جدول ۲ تغییر خواهد کرد. با استفاده از این مقادیر و نیز شکل ۴ می‌توان درصد پذیرش طرح در هر سال را تخمین زد.

در این مطالعه الگوی مصرف ساعتی گروه‌های مختلف مصرف‌کننده به صورت شکل‌های ۶ و ۷ در نظر گرفته شده است. این گروه‌ها با توجه به سطح مالی متفاوت، الگوی استفاده متفاوتی از لوازم برقی، برای رسیدن به سطح رفاه دلخواه دارند. در مطالعات عددی میزان افت راندمان وسیله در اثر استفاده، برای گروه‌های مختلف با توجه به فرهنگ استفاده می‌تواند متفاوت در نظر گرفته شود. در این حالت هم رفتار گروه‌های مختلف را از

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸: میزان تغییر الگوی بار.

لحاظ فرهنگ استفاده و نگهداری از محصولات می‌توان تفکیک نمود.

در اینجا فرض شده است که استاندارد مصرف انرژی تعیین‌کننده برچسب انرژی در طول چهار سالی که نتیجه این برنامه در آن مدت تست می‌شود، تغییری نخواهد کرد و برای کل پله‌های زمانی ثابت در نظر گرفته می‌شود. برای بازه‌های بلندمدت‌تر، یا تغییر استاندارد این عدد می‌تواند تغییر کند. با در نظر گرفتن این اطلاعات میزان کاهش بار در فصل گرم سال چهارم از برنامه را می‌توان به صورت شکل ۸ بدست آورد.

همین امر را برای هر پله زمانی می‌توان تکرار کرد. عبارت فازی ارائه‌شده برای توانایی تغییر بار را می‌توان با روش مطلوب فازی‌زدایی کرد و یا به همین صورت از آن استفاده نمود. همان‌طور که ارائه شد با مدل‌سازی فازی تمام عوامل عدم قطعیت که اکثراً در رفتار طرف مصرف متبلور می‌شود و در نظر گرفتن عوامل مؤثر در موفقیت طرح می‌توان به ارزیابی نسبتاً دقیقی از توانایی تغییر الگوی بار در اثر برنامه‌های کاهش استراتژیک مصرف مانند بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی رسید. از طرفی دیگر می‌توان با تحلیل حساسیت عوامل مدل‌شده میزان تغییر تأثیر را برای انتخاب سیاست پیاده‌سازی صحیح به دست آورد.

همان‌طور که از شکل ۸ برمی‌آید، استفاده از راهکار پیشنهادشده، با مشخص‌کردن پتانسیل کاهش بار در هر ساعت امکان کسب دیدی واقعی از توانایی‌های برنامه برای تغییر الگوی بار در هر پله زمانی مورد مطالعه را ممکن می‌سازد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله الگوریتمی ارائه شد که به عنوان ابزاری مفید با امکان در نظر گرفتن کلیه پارامترهای مؤثر در نتایج سیاست‌های مدیریت مصرف و تغییرات آنها در درازمدت با رعایت دقت و مدل‌سازی فازی عدم قطعیت‌های موجود در این نوع از اطلاعات، برای ارزیابی تأثیرگذاری بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی یا طرح‌های مشابه مدیریت مصرف توسعه یافته است. در الگوریتم پیشنهادی مدل‌سازی هزینه‌های مترتب یک وسیله برقی در طول عمر مفید آن نیز صورت گرفته که در تخمین میزان مشارکت مصرف‌کنندگان در برنامه کاربرد دارد. نتایج مطالعات عددی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، مؤید تأثیر قابل توجه برنامه‌های کاهش استراتژیک مصرف مبتنی بر بهینه‌سازی لوازم برقی خانگی بر روی الگوی بار می‌باشد.

از نتایج این ارزیابی می‌توان در برنامه‌ریزی سیستم و تحلیل اقتصادی نتایج مدیریت مصرف و در برنامه‌ریزی IRP استفاده نمود. در ادامه پیشنهاد می‌شود با مدل‌سازی دقیق‌تر رابطه میزان مشارکت با عوامل جانبی به تخمینی دقیق‌تر در ارزیابی رسید.

همچنین با توجه به تجدید ساختار صنعت برق نتایج چنین نوع مطالعاتی تأثیرگذاری فراوانی بر روی جوانب مختلف بازار خواهد داشت. به عنوان مثال تأثیر راهکار ارائه‌شده بر روی کاهش قدرت بازار بلندمدت توسط محقق در دست بررسی می‌باشد.

مراجع

[1] B. F. Hobbs, H. B. Rouse, and D. T. Hoog, "Measuring the economic value of demand - side and supply resources in integrated resource planning models," *IEEE Trans. on Power System*, vol. 8, no. 3, pp. 979-987, Aug. 1993.

[2] H. Davoudpour and M. S. Ahadib, "The potential for greenhouse gases mitigation in household sector of Iran: cases of price reform/efficiency improvement and scenario for 2000-2010," *Energy Policy*, vol. 34, no. 1, pp. 40-49, May 2006.

[3] R. M. Shrestha and C. O. P. Marpaung, "Supply and demand - side effects of power sector planning with demand - side management options and SO2 emission constraints," *Energy Policy*, vol. 33, no. 6, pp. 815-825, Apr. 2005.

[4] G. Wikler, A. Faruqui, C. W. Gehgs, and K. Seiden, "The potential for energy efficiency in electric end - use technologies," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 8, no. 3, pp. 1351-1357, Aug. 1993.

[5] M. Fotuhi-Firuzabad and R. bellinton, "Impact of load management on composite system reliability evaluation short-term operating benefits," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 15, no. 2, pp. 858-864, May 2000.

[6] E. Vine, J. Sathaye, and E. Orlando, *Guidelines for the Monitoring, Evaluation, Reporting, Verification, and Certification of Energy - Efficiency Projects for Climate Change Mitigation*, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 1999.

[7] J. Flory and J. S. Peter, "Evaluating DSM: can an engineer count on it?" *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 9, no. 4, pp. 1752-1758, Nov. 1994.

[۸] م. پارسا مقدم، م. بهرنگ راد و م. اقبال، "طراحی شاخص‌های راهنما برای انتخاب بهینه لوازم برقی خانگی،" *چهاردهمین کنفرانس مهندسی برق ایران*، بهار ۱۳۸۵.

[۹] مجله پیک برق، سال یازدهم، شماره ۵۴۴، ۱۳۸۵.

[۱۰] م. بهرنگ راد و م. پارسا مقدم، "تدوین شاخص‌های اقتصادی و بهره‌وری جهت ارزیابی عملکرد وسایل برقی خانگی با رویکرد مدیریت مصرف انرژی الکتریکی و تهیه بانک اطلاعاتی،" گزارش پروژه، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شبکه‌های قدرت ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۵.

مهدی بهرنگ راد تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه تهران و در مقطع کارشناسی ارشد مهندسی برق در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه تربیت مدرس به پایان رسانده و هم اکنون دانشجوی دکتری مهندسی برق در دانشگاه اوزاکا ژاپن است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان شامل مدیریت انرژی، مطالعات تجدیدساختار صنعت برق و توسعه نرم افزارهای مدیریت سمت مصرف می‌باشد.

محسن پارسا مقدم تحصیلات خود را در رشته مهندسی برق در مقطع کارشناسی در سال ۱۳۵۸ در دانشگاه صنعتی شریف و در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۶۵ در دانشگاه صنعتی توبوهاشی ژاپن و در مقطع دکتری در سال ۱۳۶۷ در دانشگاه توهوکو ژاپن به پایان رسانده و هم‌اکنون دانشیار بخش مهندسی برق دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت، مدیریت انرژی، تجدید ساختار در صنعت برق و کاربرد هوش محاسباتی در سیستم‌های قدرت می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir