بهبود پیاده سازی برنامه بهره وری انرژی در شبکه توزیع برق هوشمند با استفاده از تکنولوژی اندازه گیری پیشرفته

محسن کجوری نفت‌چالی[1] ، علیرضا فریدونیان[2]، استادیار، حمید لسانی[3] ، استاد
۱- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه تهران- تهران- ایران
۲- دانشکده مهندسی برق- دانشگاه صنعتی خواجه نصیر - تهران- ایران
۳- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه تهران - تهران- ایران

چکیده: در این مقاله روندی برای بررسی نقش تکنولوژی اندازه‌گیری هوشمند (Advanced Metering Infrastructure (=AMI)) در شبکه توزیع برق برای پیاده‌سازی برنامه بهره‌وری انرژی با شناسایی مستعدترین گروه از مشترکین ارائه شده است. از این جهت تحلیل انجام گرفته در این مقاله بدیع و کاربردی می‌باشد. چرا که روشی برای تحلیل دقیق روی رفتار مصرفی مشترکین را پیشنهاد می‌نماید. نکته مهم اینکه در این مقاله از داده‌های AMI استفاده شده که با دقت بالایی ثبت شده است. با کمک این اطلاعات و همچنین با استفاده از روش‌های داده‌کاوی از جمله خوشه‌بندی می‌توان مشترکین دارای الگوی مصرفی مشابه را در یک خوشه قرار داد و متناسب با رفتار مصرفی آنها از ایشان در برنامه‌های مدیریت مصرف بهره برد. نتیجه تحلیل‌ها در این مقاله نشان می‌دهد که برنامه‌ریزی مصرف برای آن دسته از مشترکینی که در رفتار مصرفی خود الگوی منظم و مشخصی ندارند سخت‌تر است. بر همین اساس این گروه می‌توانند با استفاده از تجهیزات دارای بازدهی بالاتر هم میزان هزینه‌های پرداختی انرژی خود را کاهش دهند و هم میزان مصرف برق در شبکه را. به طور کلی، نتایج مطالعات این مقاله گویای ظرفیت بسیار خوب AMI برای کمک به افزایش بهره‌وری و مدیریت مصرف انرژی در شبکه توزیع برق می‌باشد.

واژه کلیدی- تکنولوژی اندازه‌گیری هوشمند، مدیریت مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، پاسخگویی بار، داده‌کاوی

۱.مقدمه

افزایش قابل توجه در میزان مصرف انرژی الکتریکی و روند رو به رشد این مصرف از جمله چالش‌های اساسی امروز صنعت برق کشور است [۱]. ظرفیت‌های بالقوه‌ای که شبکه توزیع برای مدیریت مصرف انرژی دارد و همچنین میزان بالای اثرگذاری نقش مشترکین در بازار برق تجدید ساختار یافته کنونی، نویسندگان این مقاله را بر آن داشته تا روی رفتار مصرفی مشترکین تمرکز ویژه‌ای نمایند. برنامه‌های مدیریت سمت مصرف با جابجا نمودن مصرف مشترکین در طول ساعات مختلف و یا کاهش میزان مصرف در ساعاتی خاص یا بهره‌گیری از تجهیزات و وسایل با کارایی بیشتر و.... برای اهداف مختلفی از قبیل افزایش بهره‌وری در صنعت برق، بهره‌برداری بهتر از شبکه، برنامه‌ریزی برای آینده و .... مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳]. از جمله معروف‌ترین و کاربردی‌ترین این برنامه‌ها، پاسخگویی بار و بهره‌وری انرژی است. در برنامه بهره‌وری انرژی، هدف کاهش انرژی الکتریکی مصرفی با افزایش راندمان وسایل و تجهیزاتی است که مورد استفاده قرار می‌گیرند. بهره‌وری انرژی یکی از روش‌های مدیریت مصرف در شبکه برق می‌باشد که عبارت است از: استفاده از وسایل با تکنولوژی و بازدهی بالاتر با هدف کاهش هدر رفت انرژی [۷]. از سوی دیگر، شناسایی رفتار مصرفی مشترکین مستلزم وجود زیرساخت نظارت و اندازه‌گیری مناسب و دقیقی است. تکنولوژی اندازه‌گیری پیشرفته با ایجاد یک بستر ارتباطی دوسویه میان مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان و همچنین سایر قطب‌ها و فعالان فضای بازار برق کنونی امکان شناسایی رفتار مصرفی مشترکین و پیاده‌سازی برنامه‌های گوناگون ازجمله برنامه‌های مدیریت مصرف را به شکلی مطلوب فراهم آورده است. اغلب چنین برنامه‌هایی از یکسو نیازمند تبادل اطلاعات با دقت و سرعت بالا و از سوی دیگر تبادل داده‌های جدید فراتر از داده-

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-18]

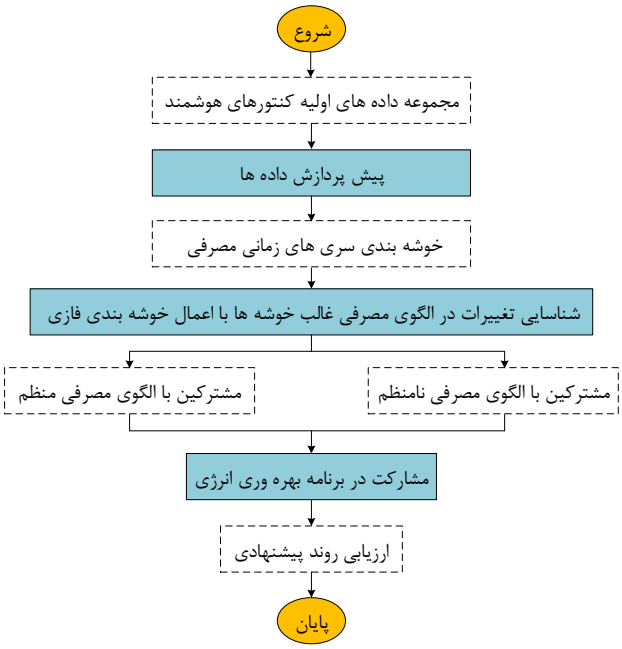
های سنتی در سطح شبکه هستند که حاصل فضای جدید بازار برق است. AMI برای هردوی این نیازها راهکاری قابل قبول می-باشد[۵] و [۶].

براساس نکات بیان شده، اعتقاد نویسندگان این مقاله این است که از تمامی مشترکین شبکه نمی‌توان بصورت یکسان در برنامه‌های مدیریت مصرف انرژی استفاده نمود. تحقیقات نشان می‌دهند که علی‌رغم تحقیق و بررسی‌های متعددی که در زمینه مفاهیم مرتبط با پاسخگویی بار و بهره‌وری انرژی صورت پذیرفته است، کمتر مطالعاتی مناسب و جامع در رابطه با ارزیابی میزان استعداد مشترکین برای مشارکت در پاسخگویی بار و بهره‌وری انرژی انجام شده است. البته این نکته در کارهای پیشین نویسندگان این مقاله مورد توجه قرار گرفته است [۵]و [۶]و [۸].

در این مقاله روندی برای ارزیابی میزان استعداد مشترکین برای مشارکت در برنامه‌ی بهره‌وری انرژی با استفاده از بستر تکنولوژی اندازه‌گیری هوشمند روی بهینه‌سازی مصرف انرژی ارائه شده است. برای نیل به این هدف، در این مقاله، داده‌های مصرفی مربوط به دو سال مصرف تعداد ۱۰۰۰ مورد از مشترکین خانگی در کشور ایرلند مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که داده‌های AMI مصرفی مشترکین در بازه‌های زمانی ۳۰ دقیقه‌ای ثبت شده‌اند. تحلیل و شناسایی الگوها روی داده-های سال اول و ارزیابی الگوها با استفاده از داده‌های سال دوم انجام گرفته است.

۲. مدل

برای تعیین بهترین گروه از مشترکین برای مشارکت در برنامه بهره‌وری انرژی الگوی مصرفی ایشان با استفاده از داده‌های تکنولوژی اندازه گیری پیشرفته، نمودار روند شکل (۱) ارائه شده است. مطابق شکل (۱)، مشترکین با الگوی‌های مصرفی مختلف در خوشه های مختلفی قرار می‌گیرند. این تفکیک به گونه‌ای انجام می شود که اعضاء تخصیص یافته به هر خوشه دارای بیشترین شباهت در رفتار مصرفی به یکدیگر و کمترین شباهت به اعضاء سایر خوشه‌ها باشند. سپس با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی فازی [۶] سری‌های زمانی مصرف مشترکین ارزیابی و تغییرات آن شناسایی می‌شود. این شناسایی کمک می‌کند که مشترک در یکی از دو گروه مشترکین منظم و یا مشترکین نامنظم قرار گیرد. از آنجاییکه خوشه بندی فازی میزان تعلق یک نمونه را به یک خوشه به صورت کمی نشان می‌دهد، برای شناسایی تغییرات در رفتار مصرفی مشترکین بسیار مناسب است. این تکنیک در کار پیشین نویسندگان این مقاله نیز مورد استفاده قرار گرفته و کارایی بسیار مناسبی را نشان داده است [۶]. پس از تفکیک مشترکین منظم و نامنظم، برنامه های بهره-وری انرژی روی هر دو گروه پیاده سازی شده و نتایج مقایسه می شود. نتایج پیاده‌سازی برنامه بهره‌وری انرژی نشان داده است که مشترکین دارای الگوی مصرفی نامنظم گزینه های بهتری برای مشارکت در برنامه های بهره‌وری انرژی هستند. اگرچه از مشترکین منظم نیز می توان برای این منظور استفاده نمود اما این مشترکین به دلیل برنامه‌پذیر بودن قابلیت بیشتری برای مشارکت در برنامه هایی مانند پاسخگویی بار دارند.



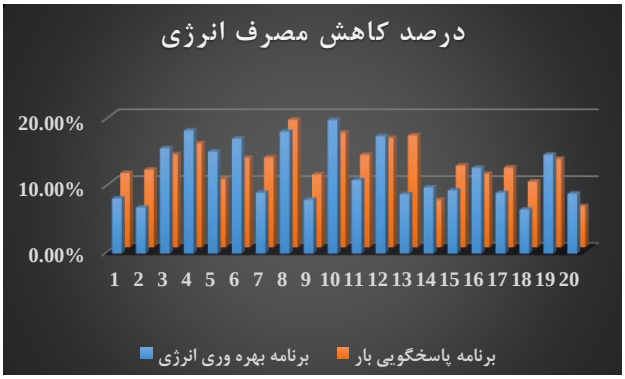
شکل (۱) نمودار روند روش پیشنهادی

۲. نتیجه‌گیری

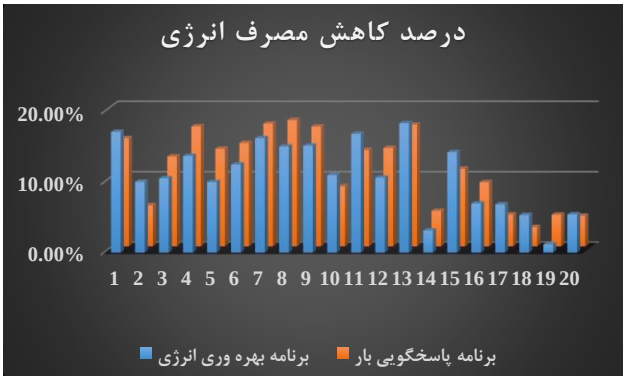
در این مقاله نقش AMI در بهینه‌سازی مصرف انرژی در شبکه توزیع برق مورد بررسی قرار گرفته است. هدف نیز این بوده که بررسی نماید که چگونه می‌توان با کمک این تکنولوژی برنامه بهره‌وری انرژی را با شناسایی مستعدترین گروه از مشترکین پیاده‌سازی نمود. برای این منظور تکنیک‌های داده-کاوی و شناسایی الگو روی داده‌های مصرفی مشترکین پیاده-سازی شده و مشترکین به خوشه‌هایی تفکیک شدند. در این مقاله اعمال تکنیک‌های داده‌کاوی سبب تولید تعداد ۲۰ خوشه به عنوان تعداد بهینه خوشه‌ها براساس رفتار مصرفی مشترکین شده است. سپس برنامه‌های پاسخگویی بار و بهره‌وری انرژی

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-18]

روی هر یک از این خوشه‌های رفتاری پیاده‌سازی شده و نتایج آن نیز به صورت درصد کاهش انرژی مصرفی این خوشه‌ها در نتیجه مشارکت در این برنامه‌ها در نظر گرفته شده است.



شکل (۲) کاهش مصرف انرژی با پیاده‌سازی برنامه‌های مختلف (سال اول)



شکل (۳) کاهش مصرف انرژی با پیاده‌سازی برنامه‌های مختلف (سال دوم)

نتایج اعمال این برنامه‌ها روی تمامی خوشه‌ها در اشکال (۲) و (۳) نشان داده شده است. در این اشکال خوشه‌های مستعد برای مشارکت در برنامه بهره‌وری انرژی در هر دو سال مشخص شده‌اند. خوشه‌های مستعد آنهایی هستند که کاهش انرژی آنها در نتیجه مشارکت در بهره‌وری انرژی بیشتر از پاسخگویی بار بوده است. با تحلیل رفتار مصرفی خوشه‌هایی که برای برنامه بهره‌وری انرژی مستعد تشخیص داده شده‌اند این نتیجه حاصل شده است که مشترکین با الگوی مصرفی منظم‌تر که قابلیت بالاتری برای برنامه‌ریزی دارند گزینه‌های مناسب‌تری برای مشارکت در برنامه‌ی پاسخگویی بار و آن دسته که در الگوی مصرفی نامنظم‌تر هستند برای برنامه بهره‌وری انرژی مستعدتر هستند. نهایتاً این نتایج گویای توانمندی روند پیشنهادی و همچنین ظرفیت مناسبی است که AMI برای مدیریت مصرف انرژی فراهم می‌آورد. مسلماً چنین توانمندی برای شرکت‌های خدماتی و بهره‌بردار شبکه برق بسیار کاربردی است چرا که به آنها در دستیابی به بیشترین میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی کمک شایانی می‌نماید.

۳- مراجع

[1] [1] International Energy Agency, World Energy Outlook, 2009, Available: http:// www.world energyoutlook.org/docs/weo 2009/ WEO 2009 es English.pdf.

[2] A.Fereidunian, H.Lesani, C.Lucas, “Distribution System Reconfiguration Using Pattern Recognizer Neural Networks”, International Journal of Engineering (IJE), Vol. 15, No. 2, pp. 135-144, 2002.

[3] W.Gellings, Clark, “The Concept of Demand-Side Management for Electric Utilities”, In Proc of the IEEE, Vol. 73, No. 10, October 1995.

[4] R. Rashed-Mohassel, A. Fung, F. Mohammadi, K. Raahemifar, “A survey on Advanced Metering Infrastructure”, Electrical Power and Energy Systems, Vol. 63, pp. 473-484, 2014.

[۵] م. کجوری نفت‌چالی، ع. فریدونیان، ح. لسانی، "ارائه روشی تطبیقی مبتنی بر تئوری گراف برای ارزیابی میزان اثرپذیری مشترکین در نتیجه مشارکت در برنامه پاسخگویی بار"، نشریه کیفیت و بهره وری صنعت برق ایران، پذیرفته شده. ۱۳۹۶

[۶] م. کجوری نفت‌چالی، ع. فریدونیان، ح. لسانی، "شناسایی تغییرات در رفتار مصرفی مشترکین با استفاده از خوشه-بندی فازی"، پنجمین کنفرانس شبکه‌های هوشمند(SGC 2016)، ایران، تهران، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۹۴

[۷] ش. جدید، ع. ذکریا زاده، "شبکه های توزیع هوشمند"، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۹۱

[۸] م. کجوری نفت‌چالی، ح. لسانی، ع. فریدونیان، "داده‌کاوی در انباره داده زیرساخت اندازه‌گیری پیشرفته"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، تابستان ۱۳۹۵

[9] J. Kwac,, J. Flora, and R. Rajagopal,”Household Energy Consumption Segmentation using Hourly data”, IEEE Trans. Smart Grid, Vol. 5, Jan. 2014.

[10] J. Han, M. Kamber (2006) “Data Mining concepts and techniques” 2nd edition, Morgan Kaufmann publisher.

[Downloaded from nqpc.ir on 2024-04-18]