

یافتن الگوی رفتار و میزان مصرف ساعتی مشترکین خانگی با استفاده از روش اندازه گیری تجمعی بار و صورت حساب نرمالیزه شده مشترکین

پیمان صلاح^۱، علی اکبر بصیری^۲، داود عابدی^۲، علی اصغر قدیمی^۳

۱- دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تفرش، peyman.salah@taut.ac.ir

۲- شرکت توزیع نیروی برق استان مرکزی

۳- گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، a-ghadimi@araku.ac.ir

چکیده

یکی از مسائل مهم در مدلسازی و شبیه سازی شبکه های توزیع برق، دانستن میزان مصرف مشترکین مختلف می باشد. با توجه به اینکه بر حسب فصل، روز هفته و ساعت شبانه روز این مقدار متغیر است لذا استخراج الگوی رفتار بار و تعیین مقادیر آن مسئله بسیار مهمی است.

در این مقاله، روشی مبتنی بر اندازه گیری مقادیر پست توسط ثبات ها استفاده شده و پس از اندازه گیری روش استخراج منحنی الگوی مصرف ارائه شده است. سپس روشی برای تعیین مقادیر پیک، حداقل و ... منحنی بار با استفاده از مقدار انرژی مصرفی نرمالایز شده مشترکین شرح داده شده است. این روش در شبکه توزیع نمونه شهر آشتیان پیاده سازی شده و نتایج نشان دهنده قابلیت روش ارائه شده جهت تخمین میزان مصرف بارها در هر ساعت شبانه روز می باشد. کلمات کلیدی: اندازه گیری، الگوی مصرف، دیماندر مصرف، شبکه های توزیع، منحنی بار

۱- مقدمه

انجام مطالعات پخش بار جهت محاسبه میزان تلفات و مقدار ولتاژ، جریان و ... در شبکه به منظورهای مختلف نظیر کاهش تلفات، جبران سازی توان راکتیو، نحوه مانوردهی و بطور کلی بهره برداری و توسعه بهینه شبکه می باشد. در این راستا نیاز به مدلسازی دقیق و منطبق بر واقعیت شبکه می باشد. یکی از موارد مهم برای انجام مطالعات پخش بار در شبکه های توزیع

نیاز به میزان مصرف توان اکتیو و راکتیو مصرف کنندگان می باشد. این مصرف در ساعات مختلف شبانه روز و روزهای مختلف، بسته به شرایط آب و هوایی، مناسبت های ملی یا مذهبی، فرهنگ مردم منطقه، روز هفته (روز کاری یا تعطیلات آخر هفته) و ... متغیر است. لذا یکی از مهم ترین مسائل در تعیین میزان مصرف یک مشترک در ساعات مختلف شبانه روز داشتن الگوی مصرف آن مشترک مطابق مصرف روزانه اش می باشد.

مقالات متعددی موضوع تعیین منحنی بار گروهی از مصرف کنندگان را مطرح کرده اند. یکی از روش ها جهت یافتن الگوی بار خانگی، شناخت مؤلفه های بار خانگی و مشخصه های زمانی مصرف آن ها می باشد. برای این منظور با انتخاب تعدادی مشترک خانگی که هدف یافتن منحنی بار آن ها می باشد و پخش پرسشنامه هایی، این مؤلفه ها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرند و در نهایت ضریب بار خانگی و منحنی بار آن ها استخراج می گردد [۱].

برخی مقالات نیز با استفاده از منحنی های بار موجود برای تعرفه های مختلف، منحنی های بار را به صورت سری زمانی معین می سازند (با استفاده از روش های شناسایی الگو از روی شکل منحنی بار) و با استفاده از سری به دست آمده میزان مصرف مشترکین مختلف را در ساعات متفاوت بدست می آورند [۲-۳].

روش دیگر، استفاده از روش های اندازه گیری و ثبت اطلاعات توسط دیتالاگرها می باشد. اما نکته مهمی که در استفاده از

اما به چند دلیل از تک مشترکین خانگی نمی‌توان به الگوی مناسب رفتار بار خانگی رسید و باعث انحراف می‌شوند که در ذیل به آن‌ها اشاره شده است:

✓ تک مشترکین خانگی مصرف کمی دارند و در بعضی ساعات‌ها حتی مصرفشان در حد صفر است.

✓ مصرف‌کننده‌های بزرگ خانگی مثل ماشین لباسشویی، چرخ گوشت، اتو و غیره زمان خاصی وارد مدار نمی‌شوند و در هر خانه این زمان می‌تواند متغیر باشد.

✓ دقت دیتالاگرها برای مصارف کوچک پایین است، برای مثال ۵ دقیقه کمترین محدوده ثبت اطلاعات است که طبعاً می‌تواند از عوامل خطا باشد.

✓ روابط انسانی و مشکلات روزمره که غیر قابل پیش بینی هستند (میهمانی، مسافرت و...)، نیز از عواملی هستند که می‌توانند الگوی بار را کاملاً تحت تأثیر قرار دهند.

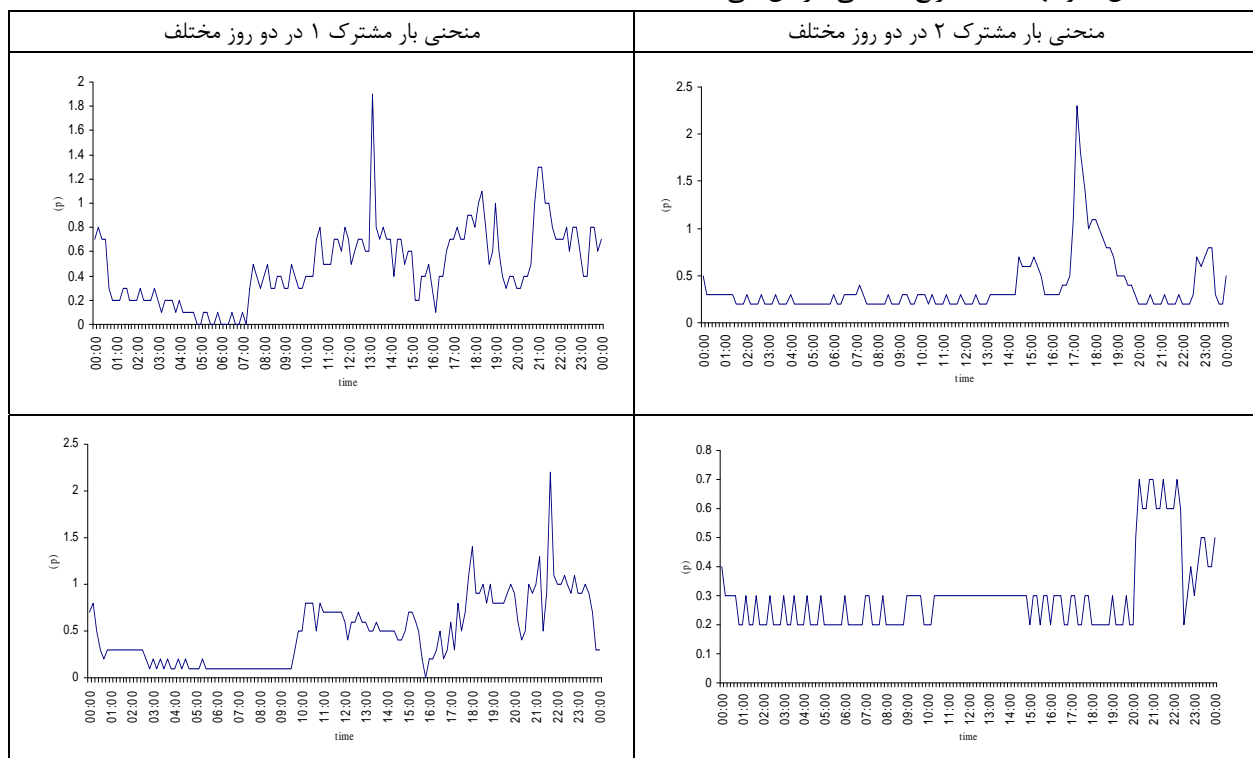
برای نشان دادن صحت جملات بیان شده، میزان مصرف توان دو تک مشترک خانگی در شهر آشتیان که از طریق نصب دیتالاگر در ورودی منزلشان استخراج شده در شکل (۱) آورده شده است که نشان می‌دهد نه تنها الگوی بار دو مشترک با هم متفاوتند بلکه الگوی مصرف یک مشترک نیز در روزهای متفاوت، با هم تفاوت بسیاری دارند و به هیچ عنوان نمی‌توان آن‌را معیاری برای یافتن الگوی رفتار بار خانگی در این منطقه قرار داد.

این ثبات‌ها باید مدنظر قرار گیرد زمان برداشت اطلاعات توسط آن‌هاست که سبب تغییر شکل منحنی بار می‌گردد. برای نمونه، در مطالعه‌ای که بر روی یک مشترک صنعتی انجام شده نشان داده شده است، بسته به اینکه دوره زمانی برداشت اطلاعات ۲ یا ۶۰ دقیقه باشد مقدار پیک بار در منحنی بار تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. این مطالعه نشان می‌دهد که نمونه‌برداری ۱۵ دقیقه‌ای برای تمام مشترکین منطقی نمی‌باشد و بهتر است برای مشترکینی که دارای تغییرات شدید بار می‌باشند (مثل مشترکین خانگی) نمونه‌برداری‌ها هر ۵ دقیقه یک بار و برای مشترکینی که تغییرات شدید بار ندارند هر ۱۵ تا ۳۰ دقیقه انجام شود [۴]. در مرجع [۵] نیز روشی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی جهت تعیین منحنی بار روزانه مصرف‌کننده‌های فاقد دیتالاگر ارائه شده است.

در این مقاله نحوه استخراج الگوی مصرف یک مشترک خانگی و چگونگی تعیین مقادیر آن بر اساس میزان مصرف ماهیانه مشترک ارائه شده و نتایج در یک شبکه واقعی به صورت نمونه نشان داده شده است.

۲- الگوی بار یک مشترک خانگی

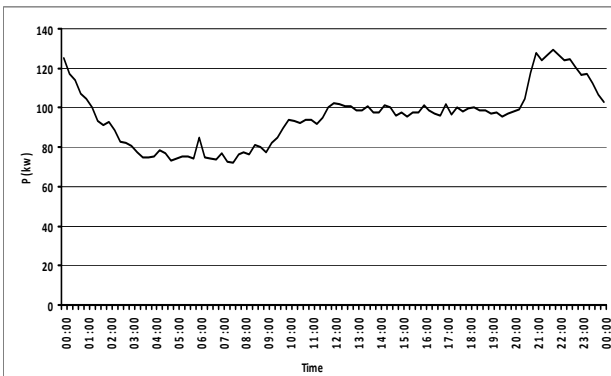
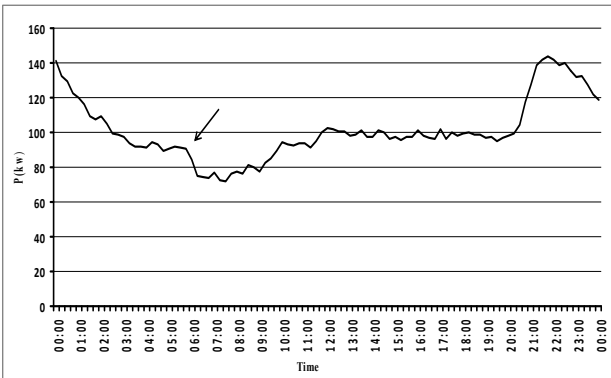
الگوی بار، میزان مصرف یک مشترک در طول شبانه‌روز را ارائه می‌دهد. یکی از راه‌ها جهت استخراج الگوی بار مشترکین خانگی در نظر گرفتن مصرف یک مشترک در طول سال و ثبت اطلاعات آن‌ها و نهایتاً استخراج منحنی بار آن می‌باشد.



شکل (۱): منحنی بار دو مشترک خانگی در دو روز مختلف از روی اطلاعات ثبت شده از لاگر

۳- یافتن الگوی بار مشترکین خانگی

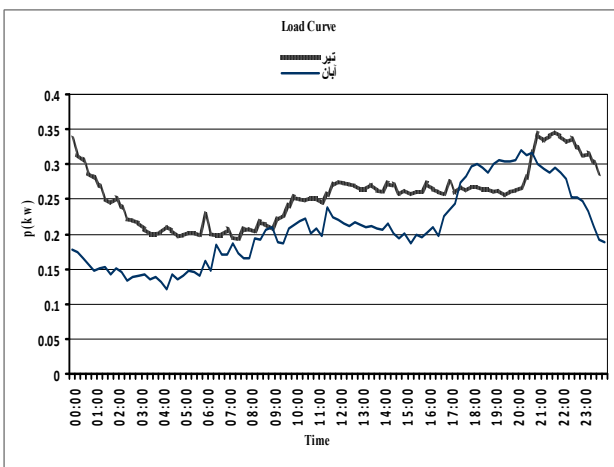
می‌آید، که می‌تواند جهت یافتن الگوی رفتار بار مشترکین مورد استفاده قرار گیرد.



شکل (۲): منحنی بار کلید مادر با روشنایی معابر و بدون روشنایی معابر

۳-۴- یافتن الگوی بار، مقدار ماکزیمم و مینیمم مصرف در هر روز خاص

جهت تعیین الگوی رفتار بار تک مشترک خانگی، مقادیر توان و جریان را که توسط لاگر کلید مادر ثبت شده (معايير از آن کسر شده) را بر تعداد مشترکین تقسیم کرده، که از این طریق یک منحنی بار متوسط به دست می‌آید. نمونه‌ای از منحنی بار به دست آمده از این روش در دو ماه تیر و آبان در شکل (۳) مشاهده می‌شود:



شکل (۳): منحنی بار به دست آمده برای مشترکین در دو ماه مختلف

همانطوری که دیده شد نمی‌توان الگوی رفتار تک مشترک خانگی را معیاری برای یافتن الگوی رفتار بار خانگی در یک منطقه قرار داد، بلکه این هم‌زمانی فصلی در مدار آمدن سرماسازها و گرماسازها و هم‌زمانی عمومی مصارف خانگی و روشنایی و ... است که رفتار تناوبی بار خانگی را شکل می‌دهند. لذا یک راه مناسب‌تر استفاده از اطلاعات گروهی از مشترکین جهت یافتن الگوی بار آنها می‌باشد. در این مقاله برای یافتن الگوی رفتار بار مشترکین خانگی به صورت زیر عمل شده است:

۳-۱- انتخاب پست تمام خانگی

چون هدف یافتن الگوی رفتار بار مشترکین خانگی است، باید پستی انتخاب گردد که حتی‌المقدور فقط بارهای خانگی را تغذیه نماید. لذا باید یک یا چند فیدر که تغذیه محل‌های مسکونی را برعهده دارند و حتی‌الامکان مصارف غیرخانگی در آنها وجود نداشته باشد یا بسیار ناچیز باشند جهت مطالعات مورد استفاده قرار گیرد. باید توجه داشت که هرچه تعداد مشترکین پست بیشتر باشد، دقت کار بالاتر خواهد بود.

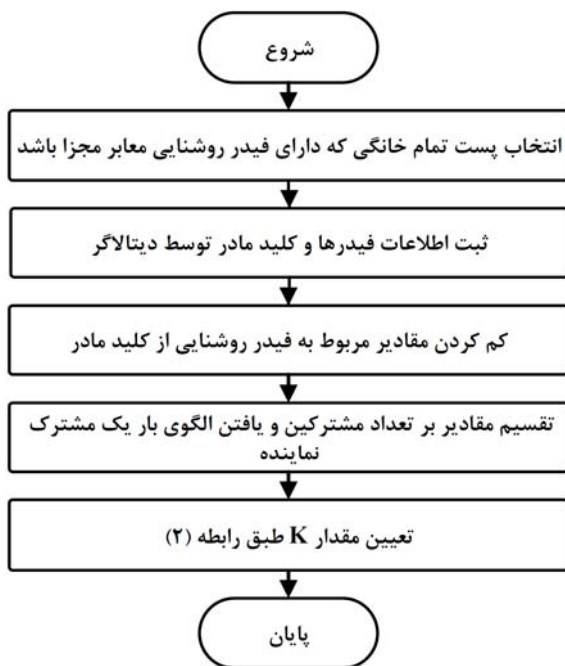
۳-۲- ثبت اطلاعات فیدر

پس از انتخاب پست مورد نظر، با نصب دیتالاگر در خروجی فیدرها و کلید کل، مقادیر مصرف کل پست و فیدرهای آن ثبت می‌شود. این ثبت اطلاعات باید حداقل در یک دوره یک‌ساله انجام شود تا بتوان الگوی مصرف را در طول یک‌سال و در روزهای مختلف به دست آورد. زمان نمونه‌برداری نیز باید حداقل ۵ دقیقه یکبار باشد تا بتوان دقت مناسبی داشت.

۳-۳- در نظر گرفتن بار روشنایی معابر و کسر کردن آن از بار کلید کل

از آنجایی که مقادیر ثبت شده توسط دیتالاگر نصب شده در کلید مادر، شامل مجموع فیدرهای خانگی و فیدر روشنایی معابر است و هدف یافتن الگوی بار مشترکین خانگی می‌باشد، در ابتدا باید مصرف روشنایی معابر از کلید مادر کسر شده تا اطلاعات کلید مادر به صورت کاملاً خانگی درآید. در شکل (۲) منحنی بار کلید مادر، قبل از حذف روشنایی معابر و بعد از آن آورده شده است.

همانطوری که از منحنی بالایی در شکل (۲) دیده می‌شود، ساعت ۵:۴۵ دقیقه صبح که روشنایی معابر برداشته می‌شود توان به میزان ۱۶ کیلووات افت می‌کند. با مشاهده ساعات و میزان مصرف توان در فیدر روشنایی و کم کردن آن از کلید کل، منحنی بار کلید مادر بدون وجود روشنایی معابر به دست



شکل (۵): فلوچارت تعیین الگوی بار مشترک نمونه

۴- یافتن میزان مصرف مشترکین خانگی در هر ساعت از شبانه روز با توجه به صورت حساب برق مصرفی ماهانه نرمالایز شده

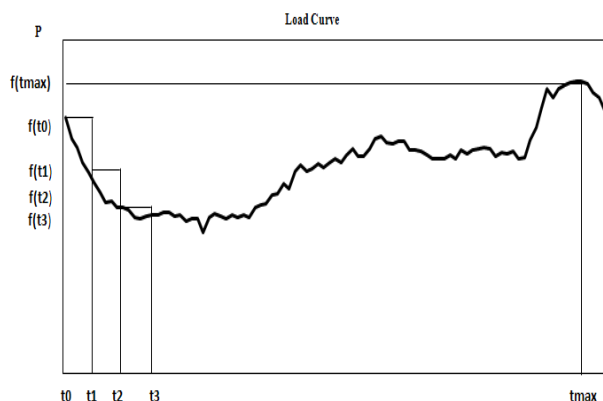
با استفاده از روش ارائه شده فوق می‌توان در هر روز سال که بخواهیم منحنی الگوی بار یک مشترک خانگی را بدست آورده و از روی آن تابع میزان مصرف را در ساعات مختلف شبانه‌روز داشته باشیم. اما مسئله مهم این است که این منحنی برای مشترکین مختلف بسته به میزان مصرف ماهیانه، دارای مقادیر توان متفاوتی می‌باشد (هر چند که شکل آن را ثابت فرض کرده‌ایم). برای بدست آوردن مقدار توان متوسط، پیک و حداقل یک مشترک خاص باید بتوان میزان انرژی اندازه‌گیری شده توسط کنتور را که به صورت ماهیانه همزمان‌سازی (نرمالیزه) شده، با این منحنی تطابق داد.

حال اگر یک مشترک خاص دارای مصرف انرژی ماهیانه نرمالیزه شده $E_{Monthly}$ باشد، این انرژی بسته به تعداد روز ماه (۲۹، ۳۰ یا ۳۱) قابل تبدیل به انرژی در یک روز می‌باشد. با یافتن این انرژی روزانه و تقسیم آن بر k ، مقدار متوسط توان قابل محاسبه است. سپس با داشتن مقدار p_{av} این مشترک و الگوی بار به دست آمده برای مشترک نماینده (که مقدار توان متوسط آن یک بوده و میزان مصرف در ساعات مختلف به صورت ضریبی از یک می‌باشد)، و تطبیق این دو، میزان مصرف ساعتی و به تبع آن منحنی بار این مشترک خاص قابل حصول است.

این منحنی بار می‌تواند به‌عنوان الگوی رفتار بار تمامی مشترکین در نظر گرفته شود و جهت محاسبه توان مصرفی همه مشترکین در ساعات مختلف شبانه روز مورد استفاده قرار گیرد. این منحنی مطابق شکل (۴)، میزان مصرف توان را به صورت تابعی از زمان $p = f(t)$ نشان می‌دهد. این تابع، تابعی تکرار شونده می‌باشد و ممکن است از روزی به روز دیگر (بر حسب شرایط محیطی، مناسبت‌ها و روزهای تعطیل و غیرتعطیل، تعداد مشترکین و ...) دارای مقادیر توان متفاوتی باشد، ولی شکل کلی‌اش دچار تغییر زیادی نخواهد شد. منحنی دارای مقدار متوسط p_{av} و مقدار پیک p_{max} و حداقل p_{min} است، که مقادیر مختلف توان می‌تواند به صورت ضریبی از مقدار متوسط محاسبه شود.

۳-۵- محاسبه انرژی روزانه مصرفی مشترک نماینده

مساحت زیر منحنی توان- زمان، نشان دهنده میزان انرژی مصرفی در طی یک شبانه‌روز می‌باشد. این انرژی را می‌توان بصورت تقریبی از حاصل جمع مستطیل‌های تشکیل شده در نقاط نمونه‌برداری شکل (۴) مطابق رابطه (۱) به‌دست آورد:



شکل (۴): محاسبه تقریبی انرژی مصرفی مشترکین در طول یک شبانه روز

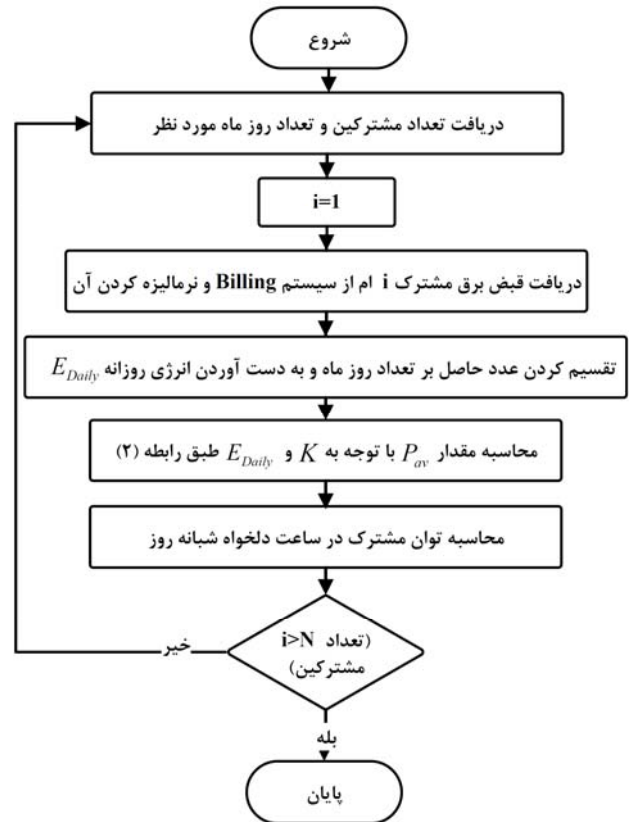
$$E_{Daily} = \sum_{i=0}^{n-1} (t_{i+1} - t_i) \times f(t_i) \quad (1)$$

که در آن n تعداد کل نمونه‌ها در طول شبانه روز می‌باشد. این مقدار انرژی را می‌توان به صورت ضریبی از مقدار متوسط نیز به دست آورد، که ضریب حاصله عبارت است از:

$$k = \frac{E_{Daily}}{p_{av}} \quad (2)$$

فلوچارت مراحل فوق در شکل (۵) آمده است.

فلوچارت مراحل فوق در شکل (۶) آمده است.



شکل (۶): فلوچارت محاسبه تقریبی انرژی مصرفی مشترکین در طول یک شبانه روز

۵- مطالعه موردی

جهت نشان دادن رویه فوق، پست خانگی هوایی دشت در شبکه توزیع شهر آشتیان انتخاب و شش عدد دیتالاگر در ۴ فیدر خانگی، یک فیدر روشنایی معابر و کلید مادر نصب و اطلاعات آن برداشت شده است.

در دو روز تعطیل و غیرتعطیل (۸۹/۴/۱۱ و ۸۹/۴/۱۵) اطلاعات لاگرها استخراج و مطابق فلوچارت شماره یک، مقدار K برای دو روز مذکور به صورت جدول (۱) و مقادیر متوسط، ماکزیمم و مینیمم توان مشترک نماینده نیز مطابق جدول (۲) به دست می‌آید.

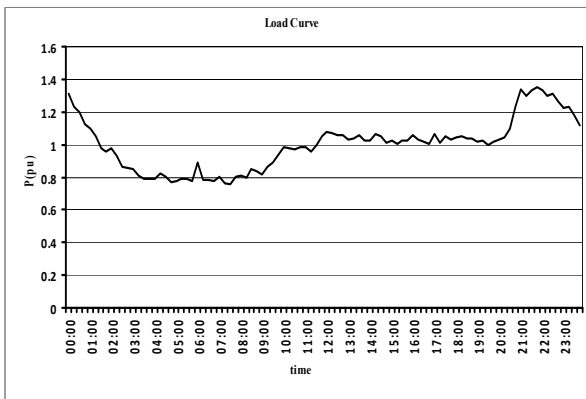
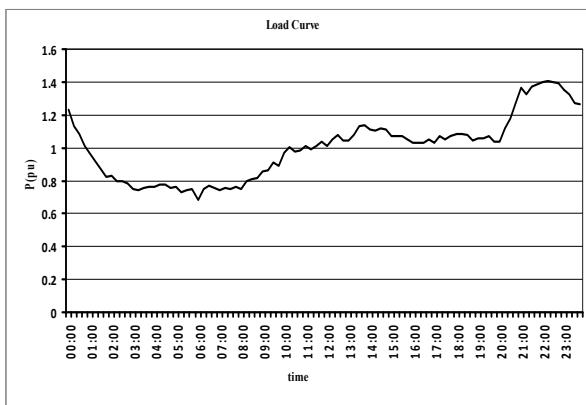
جدول (۱): مقدار K به دست آمده برای مشترک نامانده در دو روز نمونه

تاریخ	مقدار K به دست آمده طبق رابطه (۲)
جمعه ۸۹/۴/۱۱	۲۳/۷۲
سه شنبه ۸۹/۴/۱۵	۲۳/۶۸

جدول (۲): متوسط، ماکزیمم و مینیمم توان مشترک نماینده در دو روز مختلف

نوع روز	متوسط توان مشترک نماینده روزانه برای مشترک (Pu)	ماکزیمم توان مشترک نماینده روزانه برای مشترک (Pu)	مینیمم توان مشترک نماینده روزانه برای مشترک (Pu)
تعطیل	۱	۱/۳۵۵۱۲۶	۰/۷۵۶۲۲۷
غیر تعطیل	۱	۱/۴۰۳۵۰۲	۰/۶۷۹۸۲۱

همچنین در شکل (۷) الگوی رفتار بار مشترک خانگی نماینده در دو روز تعطیل و غیر تعطیل مشاهده می‌شود.



شکل (۷): الگوی رفتار بار مشترک خانگی نماینده در تاریخ ۸۹/۴/۱۱ (جمعه) و ۸۹/۴/۱۵ (غیر جمعه)

در ادامه، میزان مصرف متوسط، ماکزیمم و مینیمم یک تک مشترک خانگی، در دو روز مختلف با توجه به قبض ماهانه همزمان‌سازی شده (نرمالایز شده) و الگوی مصرف بار، بدست آمده که در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳): مصرف متوسط، ماکزیمم و مینیمم تک مشترک در دو روز تعطیل و غیر تعطیل با داشتن قبض ماهانه و الگوی مصرف بدست آمده

شماره اشتراک	مصرف انرژی ماهانه (kwh)	تاریخ	متوسط مصرف روزانه (kw)	ماکزیمم مصرف روزانه (kw)	مینیمم مصرف روزانه (kw)
۳۷۵۱۳۱	۳۹۴	جمعه ۸۹/۴/۱۱	۰/۵۳۵۸۲	۰/۷۲۶۱	۰/۴۰۵۲۰
		سه شنبه ۸۹/۴/۱۵	۰/۵۳۶۶۵	۰/۷۵۳۱۹	۰/۳۶۴۸۲

۶- نتیجه گیری

در این مقاله به دلیل اهمیت دانستن الگوی رفتار بار مشترکین خانگی و میزان مصرف آن‌ها در ساعات مختلف در مدلسازی‌ها، الگوریتمی پیشنهاد شد. این الگوریتم بر اساس اندازه‌گیری مقادیر مصرف در یک فیذر شامل تعداد زیادی بار خانگی و تخمین الگوی مصرف از روی آن می‌باشد. مقادیر دقیق مصرف با تطابق دادن مقدار انرژی مصرفی ماهیانه نرمالایز شده مشترکین با منحنی الگوی بار به دست آمده تعیین می‌شود. روش پیشنهادی در یک شبکه نمونه مورد آزمایش قرار گرفته و نشان می‌دهد که با این روش می‌توان اطلاعات توان مصرفی مشترکین را در هر ساعت شبانه‌روز استخراج و در نرم‌افزار شبیه‌سازی مورد استفاده قرار داد.

۷- مراجع

[1] جبار مدرسی، لادن هاشمی تهرانی، عایشه قره توقه، " بررسی مؤلفه‌های بار خانگی در استان مازندران"، ششمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق، بابلسر، اردیبهشت

۷۵

[۲] G. Chicco, R. Napoli, F. Piglione, P. Postolache, M. Scutariu, and C. Toader, "Options to classified electricity customers," in *Proc. Medpower Conf.*, Athens, Greece, 2002.

[۳] D. Gerbec, S. Gašperič, I. Šmon, and F. Gubina, "An approach to customer's daily load profile determination," in *Proc. IEEE Power Eng. Soc. Summer Meeting*, vol. 1, Chicago, IL, 2002, pp. 587–591.

[۴] قدرت اله حیدری، محمد هاشمیان، " تأثیر دوره زمانی اندازه‌گیری دیماندر مصرف در مقدار تلفات توان"،

نوزدهمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، ۱۳۸۳

[۵] حامد ولیزاده حقی، محمدعلی نکویی و محمد توکلی بیبا،

" تعیین منحنی بار روزانه مصرف‌کننده‌های فاقد ثبات در سیستم توزیع شهر تهران با استفاده از برنامه‌ریزی خطی"،

بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق