نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۶، شماره۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحه ۳۴-۵۶

بکارگیری الگوریتم هوشمند تکامل تفاضلی در مدیریت بار خانگی با حضور منابع تولید پراکنده تجدیدپذیر

محمود زاده باقری[۱] ، محمدرضا تابش مقدم[۲]

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۶/۰۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۱۲/۱۳

کلمات کلیدی:
الگوریتم تکامل تفاضلی،
مدیریت هوشمند بار،
تولیدات پراکنده خورشیدی،
تولیدات پراکنده بادی،
خودروهای الکتریکی،

چکیده

در این مقاله به منظور مدیریت هوشمند تقاضای شبکه های الکتریکی هوشمند خانگی شامل بارهای الکتریکی نظیر: یخچال، سیستم تهویه هوا، لباسشویی، ظرف شویی و اجاق برقی و خودروی الکتریکی که قابلیت شارژ و دشارژ شدن با اتصال به برق شهری را دارد، می باشد. در این پژوهش از الگوریتم تکامل تفاضلی به منظور بهینه سازی هوشمند مدیریت بار خانگی با حضور عناصر تجدیدپذیر و بارهای قابل کنترل استفاده شده است. همچنین منابع تولید توان بادی و خور شیدی در نظر گرفته شده ا ست که عدم قطعیت مربوط به تولید توان توسط رژیم تولید توان سالیانه آنها نیز مد نظر بوده است. هدف پیشنهادی ماکم کردن هزینه های برق و همچنین بهبود پروفیل ولتاژ بارهای خانگی می باشد. پروفیل بار مد نظر در این مقاله بصورت واقعی و بدون متوسط گیری بوده که از مقالات معتبر اقتباس شده است. شبیه سازی توسط نرم افزار MATLAB پیاده سازی گردیده و به منظور صحت سنجی نتایج با حالت پایه مورد مقایسه قرار گرفته است.

۱. استادیار گروه مهندسی برق ، واحد یاسوج ، دانشگاه آزاد اسلامی ، یاسوج ، ایران Ma.zadehbagheri@iau.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری گروه مهندسی برق ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

۱- مقدمه

با در نظر گرفتن گسترش جمعیت دنیا و همچنین افزایش انرژی الکتریکی مصرف شده، ممکن است که در آینده‌ای نزدیک با کمبود منابع تولید توان بخصوص در کشورهای در حال رشد روبرو گردیم. انرژی برق که تولید می‌شود بایستی بشکل بهینه و موثر به مصرف‌کنندگان برسد، با توجه به این مهم اغلب کشورها در پی مسائل اقتصادی و زیست محیطی، موضوع مدیریت انرژی را در برنامه کاری خود بگنجانند. به مجموعه‌ای از فعالیت‌های منسجم بین صنعت برق و مشترکین، که به منظور منطقی نمودن مصرف، با کارآیی بالاتر، هزینه پایین تر و دستیابی به مطلوبیت متعادل، صورت می گیرد، مدیریت انرژی الکتریکی گفته می‌شود (سینگ [۳] و دیگران،۲۰۱۹). با انجام چنین کاری هم مصرف‌کننده و هم عرضه کننده به سود چشم گیری می‌رساند. اما لازم است به این نکته ضروری توجه گرددکه هدف از مدیریت انرژی کاهش انرژی تولیدی یا تخریب رفاه مردم نخواهد بود بلکه مصرف منطقی و بهینه انرژی برق عواملی مثل حفظ حتی افزایش تولید و رفاه یک جامعه را فراهم می کند. مدیریت انرژی برق روش‌های متفاوت و منطقی را برای کم کردن انرژی مد نظر قرار دارد به شکلی که این استراتژی هم در سمت تولید و هم سمت مصرف کاربرد دارد. با درخواست رو به رشد انرژی و کم شدن منابع اقتصادی و انرژی، مدیریت انرژی برق، در قسمت تولید توان الکتریکی از اهمیت خاصی برخوردار گشته است. با این وجود با تعویق در ساخت نیروگاه نو در طرف مصرف مواجه هستیم و انرژی الکتریکی برای کم کردن قیمت خرید انرژی و جریمه‌هایی که به آن مربوط می شود،استفاده می‌گردد. با این وجود می‌توانیم تا احداث زمان مطلوب نیروگاه جدید، رشد مصرف را به واسطه ارزان‌ترین راه مانند مدیریت انرژی برق پشتیبانی کنیم (گونکالوها [۴] و دیگران،۲۰۱۹). انگیزه‌های مدیریت بار از دیدگاه تولید و مصرف بشکل زیر بیان می‌شود: از دید تولید: کاهش مصرف برق در ساعات پیک شبکه که باعث کند شدن روند احداث نیروگاه می گردد. کاهش و تعویق در سرمایه‌گذاری‌های کلان جهت شبکه انتقال و توزیع- بهره گیری بهینه از بهره‌برداری ظرفیت‌های حاضر شبکه تولید، انتقال و توزیع - کم کردن مسئله ناپایداری محتمل و نتیجتا در نتیجه بهبود قابلیت اطمینان شبکه - کم کردن تلفات داخلی نیروگاه‌ها. از دید مصرف کنندگان:کم کردن سرمایه‌گذاری‌های اولیه به منظور طراحی و انتخاب مناسب تجهیزات مثل ترانسفورماتورها، الکتروموتورها و ادوات تاسیسات الکتریکی - بهبود راندمان و کم کردن تلفات برق به وسیله ی ظرفیت کامل ماشین‌آلات-کاهش هزینه‌های برق بدست آمده از اصلاح مصرف و انتخاب تعرفه مناسب. اگر بخواهیم بررسی نماییم نهایتا می بینیم که با مصرف برق به شکل بهینه ، کم کردن مصرف انرژی اولیه و کم کردن انتشار آلاینده‌های زیست میحطی را به دنبال دارد. از شاخص‌های حائز اهمیت مدیریت سمت بار الکتریکی می‌باشد و با توجه به خصوصیت شبکه‌های هوشمند باعث کاهش پیک بار و همچنین تطبیق بار الکتریکی با نوسانات تولید خواهد شد (هویج برگتس [۵] و دیگران،۲۰۱۹). لازم به ذکر است که مقدار مصرف مشترکین در تمام ساعت‌های شبانه‌روز یکسان بوده که در بعضی ساعت‌های ویژه با افزایش و یا با کم کردن مصرف مواجه هستیم، به طور معمول می‌توان ماکزیمم زمان مصرف یا به اصطلاح پیک بار را به زمان‌هایی از فصل تابستان به ویژه در شب‌ها و ساعات ابتدایی شب محول کرد، زیرا که حجم وسیعی از ادوات و روشنایی‌ها و خنک‌کننده‌ها و سایر لوازم خانگی وارد مدار مصرف خواهند شد تا زمان نیمه شب که با اضافه شدن خاموشی دستگاه‌ها و روشنایی‌ها این اوج بار به حداقل خود می‌رسد. از ویژگی‌های برق میتوان این را نام برد متناسب با افزایش و یا کم کردن توان عمل کند. از این رو لازم است تأمین برق به گونه‌ای رخ دهد که جوابگوی نیازهای مشترکین باشد تا از ایجاد اختلال در تأمین برق مورد مصرف، جلوگیری کند. پس با توجه به این مساله که در ساعات متفاوت شبانه‌روز برق مصرف شده به حالتی یکنواخت مصرف نمی‌گردد، قسمتی از این ظرفیت تجهیزات نصبی در ساعات کم بار شبکه مورد استفاده قرار نمی گرفته که خود این مهم باعث وارد آمدن خسارات وسیعی به بخش اقتصادی کشور خواهد شد. پس با صرفه‌جویی برق در ساعات پیک مصرف می‌توانیم کمی در این کار مهم کمک کنیم (ملحم [۶] و دیگران،۲۰۱۷) . همان طور که می دانید ساعات اوج بار مطابق فصل های سال و مناطق متفاوت

3. Singh
4. Goncalves
5. Huijbregts
6. Melhem

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

مشخص می شود.اما به طور معمول این مدت زمان را با در نظر گرفتن ساعت رسمی کشور و در شش ماه ابتدا سال تقریباً از ساعت ۱۹ الی ۲۳ و نیمه دوم سال از ساعت ۱۸ تا ۲۲ منظور می کنند، همانطور که ملاحضه می فرمایید این زمان پر مصرف به ۴ ساعت پس از غروب آفتاب بر می گردد که شامل، روشنایی، وسایل برقی و...خواهد شد. که در این مورد توصیه سازمان انرژی بر بکارگیری وسایل پر مصرف در ساعات کم بار دلالت می کند، که با این کار موجب افزایش راندمان مصرف برق خواهیم شد، ضمنا در این حیطه تغییر ساعات شبانه روز و صنفی و ذخیره کردن انرژی گرمایی و سرمایی می تواند موثر باشد (ژو [۷] و دیگران،۲۰۱۶).

در این مقاله مدیریت بار مصرفی خانه های هوشمند مد نظر قرار گرفته است. خانه هوشمند مد نظر شامل بارهای قابل کنترل و غیر قابل کنترل بوده , همچنین انرژی های تجدید پذیر نیز در آن دخیل هستند. شبکه مد نظر شامل سیستم فتوولتایئک – توربین بادی و خودروی الکتریکی می باشد. هدف دنبال شده در این مقاله برنامه ریزی بهینه مصرف بار الکتریکی خانگی جهت بهبود ضریب توان بار و همچنین کاهش هزینه های برق مصرفی می باشد که از الگوریتم هوشمند تکامل تفاضلی برای دستیابی به هدف ترسیم شده استفاده می شود. در واقع , تاثیر سامانه مدیریت هوشمند بار خانگی با وجود منابع انرژی تجدیدپذیر بر روی پروفایل ولتاژ شبکه در نظر گرفته می شود که با بهبود پروفیل بار موجب بهبود و کاهش هزینه های اقتصادی و بهای پرداختی مشترکین خواهد شد.

۱-۱- مروری بر ادبیات موضوع

در سیاست، اقتصاد و مسایل زیست محیطی درحیطه انرژی برق، مدیریت بار الکتریکی یک امر حیاتی به حساب می آید. با بالا بردن قیمت حامل های انرژی و افزایش نگرانی ها در مورد موارد زیست محیطی، امروزه مدیریت شایسته در شبکه های الکتریکی مانند؛ شبکه های امروزی و نیز مدیریت بهینه بار الکتریکی، در نظر اغلب محققان مهم جلوه می کند. با توجه به مطالب بیان شده مدیریت انرژی، بار الکتریکی و ضمنا الزامات مدیریت بار الکتریکی از نظرتولید، مصرف و موارد زیست محیطی، مورد بررسی قرار گرفت، در سالهای گذشته محققان بسیاری در این زمینه به مطالعه و بررسی راجع به این موضوع پرداخته اند. موضوع مدیریت بار با در نظر گرفتن الگوریتم پخش بار ، آلاینده ها و اقتصاد در مرجع (جاوید [۸] و دیگران،۲۰۱۷), فرمول نویسی شده به صورتی که این الگوریتم روی یک شبکه با مشخصات ۵باس و۳ مولد مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج بدست آمده از این الگوریتم بیانگر این موضوع است که مدیریت اجرا شده موجب کم شدن هزینه تولید و کم کردن آلایندگی خواهد شد. برای ایجاد انعطاف پذیری بالاتر و سادگی در یکپارچه سازی تکنولوژی انرژی های نو در مرجع (مازئو [۹] و دیگران،۲۰۲۲) , بر پایه انتقال بار و بار زدایی از مدیریت طرف تقاضا برای شکل دهی دوباره پروفایل تقاضا استفاده شده است. در مرجع (رستگار [۱۰] و دیگران،۲۰۱۷) , برای سامانه ترکیبی مانند: تولید بادی/دیزلی/باطری، پیشنهاد مدیریت بهینه بار مطرح شده است. در مرجع (قیوم [۱۱] و دیگران،۲۰۱۵) , مدیریت بار بهینه ای بر اساس مدیریت بار سیستم ترکیبی بادی و دیزلی استفاده شده است. لازم به ذکر است که تکنیک‌های متفاوت و راهکارهای زیادی با توجه به مطالعات دینامیکی[۱۲] DSM ، مطرح شده که کلاً پایه اکثر ایده‌های کم کردن مبلغ قبوض در ارتباط با تعرفه‌های زمان مصرفی تشویقی[۱۳] پیشنهادی از سوی شرکت های برق منطقه ای خواهد بود (علوی متین [۱۴] و دیگران،۲۰۲۳) . همان گونه که می‌دانید محاسبه قیمت برق در طول شبانه روز وابسته به میزان مصرف و تقاضادر حال تغییر خواهد بود. با این وجود این امکان برای مشترکینی فراهم خواهد شد که از منابع تولید پراکنده تجدیدپذیر استفاده می کنند که بخشی از تولید انرژی خود

7. Zhou
8. Javaid
9. Mazzeo
10. Rastegar
11. Qayyum
۱۲. Demand side management
13 Time-of-use (TOU)
14. Alavi-Matin

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

را به شبکه برق بفروشند. در مرجع (ز.باقری[۱۵]و دیگران،۲۰۲۳), نویسندگان کاربردهای[۱۶] HEM را پیشنهاد داده اند. برنامه های مدیریت انرژی خانگی (HEM) مصرف کنندگان مسکونی را ترغیب می کند تا به صورت اکتیو در برنامه های پاسخگویی به تقاضای مبتنی بر قیمت شرکت نمایند. در این راهکار های HEM مبتنی بر قیمت ، یک کنترل گر با توجه به ترجیحات متفاوت مشتری ، مصرف انرژی وسایل قابل کنترل خانگی را در پاسخگویی به سیگنال های قیمت انرژی برق برنامه ریزی می کند. اگرچه روشهای متعددی اخیرا برای کاربرد HEM پیشنهاد شده است ، اما اولویت بندی کارکرد وسایل کنترل پذیر از دید مشتری در HEM بر مبنای قیمت مورد توجه قرار نگرفته است ، برای این کار ، بار گمشده در هر دستگاه تعریف گشته است تا اولویت عملیاتی آن دستگاه از نظر مشتری مشخص شود. با توجه به[۱۷] VOLL لوازم ، تعرفه های برق و قیود عملیاتی ادوات ، یک مشکل بهینه سازی برای مینیمم کردن هزینه و اطمینان مشتری مطرح شده است . خروجی HEM پیشنهاد شده قادر است برنامه ریزی بهینه تقاضای برق خانگی باشد. مطالعات عددی اثربخشی راهکار HEM پیشنهاد شده در خانه هوشمند را با منظور کردن قیمت های متفاوت برق در زمان متفاوت نشان می دهد. در مرجع (دشتکی[۱۸] و دیگران،۲۰۲۲), محققان از یک تجهیز ذخیره کننده انرژی به منظور مینیمم کردن هزینه های انرژی استفاده کرده اند. یک موضوع بهینه سازی در (تیندمانس [۱۹] و دیگران،۲۰۱۹), مطرح شده است که اگر حل شود موجب پایین آمدن قیمت برق مصرف شده خواهد شد. توسط دو الگوریتم مختلف بهینه ساز، چهار وسیله برقی را بهینه سازی کردند و بررسی کردند اما در این مرجع نویسندگان متوسط مصرف را به شکل ثابت در نظر گرفته اند. یک مدل تشابهی در (منصوری [۲۰] و دیگران،۲۰۲۳), بررسی شد و در آن سه مشخصه تابع هدف به نام های مینیم سازی قیمت ، حداکثر سازی قابلیت برنامه ریزی و راحتی مربوط به شرایط آب و هوایی اسم برده شده است. پس از یک مسئله ریاضی با چند هدف وزن دار پیشنهادی که اهمیت هر تابع هدف توسط کاربر معین می گردد. در (الزهرانی [۲۱] و دیگران،۲۰۲۳), به منظور مدیریت بهینه و برنامه ریزی بهینه در یک واحد مسکونی و دست یافتن به مینیمم هزینه های مصرفی از نرم افزار هوشمند PSO، استفاده شده است. در (طلعت [۲۲] و دیگران،۲۰۲۳), یک راهکار جدید به منظور چالش برنامه ریزی کارکرد بهینه تجهیزات الکتریکی یک خانه هوشمند در یک زمان معین پیشنهاد شده است. لازم به ذکر است که از یک DG خورشیدی به عنوان ریزشبکه استفاده شده است. به مینیمم رساندن میزان هزینه برق مصرفی واحدهای مسکونی هدف نهایی این مقاله می باشد. برای برنامه ریزی بهینه تجهیزات برقی شبکه هوشمند خانگی یک راهکار نو بنام PV بکار گرفته شده است که باعث کاهش برق مصرفی می شود. در (شکوری [۲۳] و دیگران،۲۰۱۷), یک چارچوب مدیریتی هوشمند انرژی را ارائه می کند که قادر است برای به حداقل رساندن اوج بار و هزینه برق مصرفی بکار گرفته شود. قیود مسئله از جمله نیازهای انرژی روزانه و ترجیحات مشتری ، در این چارچوب منظور شده است و مدل پیشنهادی در قالب یک برنامه نویسی خطی عدد صحیح چند منظوره [۲۴] (MOMILP) بیان شده است. نتایج شبیه سازی برای سناریوهای مختلف با اهداف گوناگون ، اثربخشی مدل پیشنهادی را در کاهش قابل توجه هزینه های توان مصرفی و پیک بار مصرفی تأیید نموده است. مدیریت طرف تقاضا یکی از مهمترین وظایف در یک شبکه هوشمند است که باعث می شود تا مشتریان آگاهانه در مورد مصرف انرژی خود تصمیم گیری کنند و به ارائه دهندگان انرژی کمک می کند تا تقاضای پیک بار را کاهش و شکل مشخصات بار را تغییر و اصلاح کنند. برنامه های DSM که از راه سامانه های

15. Zadehbbagheri
۱۶. Home energy management
۱۷. Value of lost load
18. Dashtaki
19. Tindemans
20. Mansouri
21. Alzahrani z
22. Talaat
23. Nicoletti
۲۴. Direct Current

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

مدیریت انرژی خانگی برای شهرهای هوشمند محقق می شوند ، برتری های بسیاری را ارائه می دهند. مصرف کنندگان از صرفه جویی در قیمت انرژی بهره مند می شوند و ابزار کمکی در کم کردن تقاضای اوج عمل می کند. در سالیان اخیر تحقیقات بسیاری در رابطه با DSM و خانه های هوشمند انجام شده است. در (کوریل [۲۵] و دیگران،۲۰۲۲)، بر مبنای الگوریتم های با رویکرد تکاملی (الگوریتمهای ژنتیک (GA) و باینری بهینه سازی ازدحام ذرات) مدل DSM به منظور برنامه ریزی تجهیزات کاربران مسکونی مطرح شده است. این مدل در زمان بهره گیری از محیط قیمت گذاری برای خانه های سنتی – خانه های هوشمند و خانه های هوشمند با منابع انرژی نو شبیه سازی می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که مدل پیشنهادی لوازم را بهینه در نتیجه قبض برق و کاهش پیک ها بهینه می نماید. و در نتیجه باعث کاهش هزینه های قبض های انرژی مصرفی در کنار پایداری و ثبات شبکه می شود. برنامه بهینه سازی قدرت را به بارهای مسکونی و سامانه ذخیره سازی ارسال می نماید که می توانند در ساعات پر تقاضا بکارگرفته شوند. تقاضای انرژی بار مسکونی به طور مستقیم با استفاده از انرژی شبکه، انرژی نو یا سامانه های ذخیره سازی بسته به قیمت انرژی برق در ساعات خاص تحقق می یابد. و در نهایت برای درک بهتر خوانندگان از موضوع طبقه بندی کارهای تحقیقاتی مرتبط در طی سالیان اخیر در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. تاکسونومی کارهای تحقیقاتی مرتبط(مدیریت ساختمان هوشمند)

مرجع	سال	زمینه مورد مطالعه	سیستم مدیریت انرژی (EMS) [۲۶]	برنامه پاسخگویی تقاضا (DRP) [۲۷]	منبع انرژی تجدیدپذیر (RES) [۲۸]	سیستم ذخیره انرژی (ESS) [۲۹]	روش حل/ الگوریتم ها
(Golmohamadi et al. 2019)	۲۰۱۹	بهره برداری	✓	*	✓	✓	Heuristic Forward-Backward Algorithm (F-BA)
(Alavi-Matin, et al. 2023)	۲۰۲۳	بهره برداری	✓	✓	✓	✓	ScenRed algorithm-CPLEX, GAMS
(Urooj Asgher et al. 2020)	۲۰۱۸	برنامه ریزی	✓	*	✓	✓	genetic algorithm (GA)
(Torkan et al. 2023)	۲۰۲۲	برنامه ریزی / بهره برداری	✓	✓	✓	---	(MOGA) [۳۰]
(Parisio et al. 2017)	۲۰۱۷	برنامه ریزی	✓	✓	*	✓	BFOA and BA
(Sharma et al. 2022)	۲۰۲۱	برنامه ریزی	✓	---	✓	✓	GAMS v24.2.3 CONOPT DNLP solver
(Dashtaki et al. 2022)	۲۰۲۲	برنامه ریزی	✓	✓	*	✓	ITS-BF algorithm
(Ahmarinejad, et al, 2021)	۲۰۲۱	برنامه ریزی	✓	✓	✓	---	max-min fuzzy method-MIQCP
روش پیشنهادی	۲۰۲۴	برنامه ریزی / بهره برداری	✓	✓	✓	✓	DE Algorithm-MATLAB

۲- بیان مسئله

[25.] Curiel

[۲۶] Energy management system

[۲۷] Demand response program

[۲۸] Renewable energy source

[۲۹] Energy storage system

[۳۰] Multiobjective genetic algorithm

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

مقوله مدیریت بار در مسائلی مثل سیاسی، اقتصادی و زیست محیطی در حوزه بسیار مهم است. نگرانی‌ها در رابطه با مسائل محیط زیست و قیمت حامل های انرژی در حال زیاد شدن است و همچنین موجب ایجاد یک مدیریت کارآمد بر قسمت‌های مختلف شبکه ها از جمله شبکه های امروزی ، مدیریت بهینه بار خواهد شد که خوشبختانه این مهم توجه اغلب محققین را جلب کرده است. در شبکه های الکتریکی مثل ریز شبکه ها، حضور زیر ساخت‌هایی مطلوب از شبکه هوشمند امکان پیاده سازی مدیریت بار را فراهم آورده است. از جمله این راهکارها می‌توان به مدیریت بار الکتریکی ساعتی اشاره کرد که نحوه اجرای آن به موارد زیادی مثل زمان مصرف، نوع مصرف کننده ها و...بستگی دارد . از جمله اهداف استراتژیک در حیطه انرژی الکتریکی، مصرف بهینه این انرژی می باشد. با توجه به این مهم که ظرفیت تولید انرژی برق با توجه به زیاد بودن هزینه سرمایه‌گذاری در آن محدود می باشد و امکان ذخیره کردن آن وجود ندارد و یا به شدت محدود است، پس افزایش میزان بهره‌وری از ظرفیت حاضر تاثیر بسیار مناسبی در حیطه هزینه و سرمایه‌گذاری در قسمت تولید، انتقال و توزیع انرژی برق را بدنبال خواهد داشت. ضمنا در این راهکار از دو روش مدیریت بار و انرژی را می‌توان بکارگرفت. به شکلی که ضرورت اهداف در راهکارهای مذکور ضمن توجه به بررسی‌های شکل گرفته مساله ای مشهود است. پس در ابتدا به شناخت و بررسی مصرف کوتاه مدت به شکل روزانه (روزهای تعطیل و روزهای غیرتعطیل) واحد مصرفی پرداخته و منحنی بار هفتگی واحد مصرف را خواهیم شناخت. بعد از شناخت منحنی بار واحد مصرف شده و به دنبال آن، منحنی بار الکتریکی مطلوب و مطالعه مدیریت پذیری فرآیند بایستی تکنیک‌ها و استراتژی‌های مختلف برای اصلاح منحنی بار مورد استفاده واقع می شود. به شکلی که، انتخاب استراتژیهای بهینه به منظور مدیریت بار ساعتی مبتنی بر قیود شبکه به عنوان مثال قـراردادها و تعرفـه‌های اقتصادی مختلف در زمان‌های مختلف و تکنیک‌های مدیریت اصلاح منحنی بار مانند جابه جایی بار الکتریکی از ساعات اوج مصرف، کنارگذاشتن بارهای غیر ضروری در اوج مصرف و پر کردن زمان‌های کم کردن مصرف برای افزایش ضریب بار به منظورکاهش مصارف الکتریکی برای بهینه سازی قیمت نهایی انرژی در یک واحد مصرفی از اهداف این مقاله می‌باشد. از مهمترین فرضیه های این تحقیق که در نظر گرفته شده است عبارتند از : برنامه ریزی مناسب استفاده از بارهای الکتریکی مسکونی منجر به کاهش هزینه های مصرفی , منجر به مسطح تر شدن پروفایل بار و باعث به تعویق انداختن نصب نیروگاههای جدید خواهد شد.

۳- برنامه ریزی اعمال مدیریت مصرف و استراتژی های مدیریت بار

باید گفت که در این قسمت مواردی مانند؛ بـرنامه‌ریـزی به منظور مدیریت مصرف انرژی و چگونگی اجرایی کردن فن‌آوری‌های مدیریت مصرف انرژی در برنامه‌ریزی آینده تولید انرژی برق مورد بحث و بررسی قـرار گرفته می‌شود. این مطالعه با پیروی از یک برنامه راهبردی طولانی مدت بین احداث ظرفیت‌های نو نیـــروگاهی، خرید یا فروش انرژی و فعال‌کردن پتانسیل‌های طرف مصرف تعادل برقرار می‌کند. در تکنیکی که مورد بحث هزینه‌ها و سرمایه گذاری‌های موردنیاز می باشد برای گزینه‌های تولید در کنار هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های لازم برای گزینه‌های مدیریت مصرف به شکل هم‌سطح ارزیابی می‌شوند و در یک بهینه‌سازی منسجم، مناسب‌ترین ترکیب برای احداث/ توسعه ظرفیت‌های تولیدی نو و احداث/ توسعه ظرفیت های جایگزین بدست آمده اعمال راهکارهای مدیریت مصرف برگزیده می شود. روش های برنامه ریزی شامل دو گروه می با شد: (لوجانو [۳۱] و دیگران،۲۰۱۲) – برنامه‌ریزی راهبردی که م شخص کننده چهارچوب ا صلی برنامه می باشد – برنامه‌ریزی منابع سمت مصرف و تولید که در برگیرنده جزئیات برنامه است . با توجه به کوششی که در برنامه ریزی یکپارچه منابع رخ می دهد سـعی می شـود که نیازهای جامعه به انرژی برق با کمترین هزینه تأمین گردد. حفاظت از محیط زیسـت و دسـتیابی به رشـد اقتصادی مطلوب از نظر مردم یعنی راهبرد های انجام پذیر برای د ستر سی به یک برنامه ریزی منا سب که از جانب تولید کنندگان برق رخ می دهد. محقق شـدن این اهداف از دیدگاه تولید کنندگان انرژی الکتریکی در شـش بخش تعریف شـده اسـت که عبارت اسـت از : پیک سایی– دره زدایی– جابجایی بار– انعطاف پذیر کردن منحنی بار– صرفه جویی راهبردی– ر شد بار راهبردی. تولیدکنندگان بر پایه شرایط

31. Lujano

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

فنـی و اقتصادی که دارند بـرای یکی یـا ترکیبی از این مقاصد از گزینه های طرف تولید و گزینه های طرف مصرف کننده بهره می‌گیرند. (شارما [۳۲] و دیگران،۲۰۲۱)

٤- مدلسازی

حضور انرژی های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشید و باد باعث رویکرد استفاده از منابع تولیدات پراکنده تجدید پذیر متفاوت در صنایع مختلف گردیده است. این اواخر این روش در منازل مسکونی و حتی اماکن تجاری نیز مورد استفاده بوده است. این منابع و از طرف دیگر رشد روز افزون بار الکتریکی باعث بکارگیری سیستم شبکه خانگی[۳۳] (HAN) گردیده است. در این بخش به بیان توابع هدف و قیود مربوط و همچنین روش حل مسئله پرداخته می شود.

٤-١- تابع هدف مسئله

در این مقاله روشی جدید برای مد نظر قرار دادن همزمان راندمان اقتصادی و شکل پروفیل بار الکتریکی بر پایه تئوری اقتصاد در یک HAN به منظور بهبود بازده مدیریت بار استفاده کرده است. در سامانه پیشنهادی مواردی مانند: مدیریت دشارژ/ شارژ مربوط به باتری خودروی الکتریکی و آربیتراژ انرژی با شبکه و سامانه هیبریدی تولید توان خورشیدی/ بادی مد نظر بوده، بصورتی که با مدیریت شارژ و دشارژ و نیز در نظر گرفتن تولید به وسیله ی این سامانه هیبریدی و همچنین دو مدل مدیریتی حذف بخشی از بارالکتریکی و انتقال از زمانی به زمان دیگر حل مسئله صورت گرفته است است. بنابراین در این قسمت تابع هدفی مطرح شده که دو هدف مختلف را توسط یک رابطه فرموله می کند و با مینیمم کردن آن دستیابی به هر دو هدف دست خواهیم یافت. تابع هدف مورد استفاده در این مقاله به شکل معادله (۱) بیان می شود:

$$\text{Objective Function} = \text{Min}\frac{\text{SP}}{\text{LF}} \quad (۱)$$

بطوریکه : SP [۳۴]: نشان دهنده هزینه بهره برداری خانه هوشمند و LF [۳۵]: نشان دهنده ی ضریب بار الکتریکی می باشد. ضریب بارالکتریکی یکی از متداولترین معیارها به منظور سنجش مصرف توان الکتریکی و نیرو رسانی به طور کیفی است. ضریب بار به صورت نسبت اوج بار به میانگین بار تعریف می شود بشکلی که هرچه به یک، نزدیک‌تر شود مطلوب بوده و در واقع باید افزایش یابد.SP در حقیقت تفاوت هزینه خریداری انرژی از شبکه بالادست[۳۶] C_{EP} به نسبت سود حاصل از فروش انرژی به این شبکه[۳۷] C_{ES} بوده و سود بدست آمده از مشارکت در برنامه کاهش مصرف [۳۸] (C_{DM}) است.

$$SP = C_{EP} - C_{ES} - C_{DM} \quad (۲)$$

$$LF = \frac{\text{متوسط بار}}{\text{پیک بار}} \quad (۳)$$

32. Sharma
33. Home Area Network
34. cost of operating a smart home
35. load factor
36. Cost of purchasing energy from the upstream grid
37. Profit from the sale of energy
38. Profit from consumption reduction program

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

بنابراین با کاهش همزمان صورت تابع هدف و نیز با افزایش و ارتقاء ضریب بار، دسترسی به هدف اساسی این مقاله ممکن خواهد بود. همانطور که مشخص است کم کردن اوج مصرف و یا افزایش متوسط مصرف با پر کردن دره‌های پروفیل بار الکتریکی کلی به وسیله ی افزایش بار ممکن خواهد شد (دشتکی [۳۹] و دیگران،۲۰۲۱).

در رابطه (۲):

$$C_{EP} = p_{purch} c_t \quad (۴)$$

که p_{purch} نشان دهنده توان مورد احتیاج و خریداری شده از شبکه و c_t هزینه انرژی در هر ساعت می باشد.

$$C_{ES} = P_{sell} c_t \quad (۵)$$

P_{sell} نشان دهنده فروش توان به شبکه است.

$$C_{DM} = P_{DM} c_t \quad (۶)$$

P_{DM} بیانگر توان الکتریکی صرفه جویی شده بدست آمده از مدیریت بار است.

٤-۲- خودرو برقی [۴۰] (EV)

ماشین پارک شده زمان خاموشی مقداری شارژ اولیه خواهد داشت و در این مقاله ۱۰٪ ظرفیت باتری در نظر گرفته شده است. برای سفرهای روز بعد، باتری لازم است مجدداً به نسبت مسافت تعیین شده شارژ گردد. در مدت زمانی که خودرو پارک است خودرو امکان دارد بر پایه پالس های قیمتی، مقدار تولید منابع انرژی وصل شده به خانه، محدودیت های شبکه و ... با شبکه مبادله انرژی صورت دهد. سطح شارژ نهایی آن بیشتر یا مساوی ۴۰٪ و ظرفیت باتری در این مقاله ۸/۲کیلو، در نظر گرفته شده است (دشتکی [۴۱] و دیگران،۲۰۲۱).

٤-۲- ۱- شارژ و دشارژ باتری

در ساعاتی که باید در حال شارژ باشد که انرژی به شکل نسبی ارزان (تقاضا کم) باشد در این حالت شروع به شارژ می کند و در ساعاتی که به نسبت گران‌تر است یعنی تقاضا زیاد می باشد دشارژ صورت می گیرد. سطح شارژ باتری به طور ساعتی به شکل معادله زیر مشخص است: (صمدی [۴۲] و دیگران،۲۰۱۳)

$$SOC(\mathrm{h}) = \begin{cases} \eta_{ch} \times P_{ch}(h) + SOC(h-1) & : P_{ch}(h) \geq 0 \\ \dfrac{P_{ch}(h)}{\eta_{disch}} + SOC(h-1) & : P_{ch}(h) < 0 \end{cases} \quad (۷)$$

در این رابطه:

$SOC(h)$: سطح شارژ باتری در ساعت h (KWh) و نرخ دشارژ یا شارژ باتری در ساعت h (KW) وراندمان شارژ باتری و راندمان دشارژ باتری. علامت $P_{ch}(h)$ تعیین‌کننده حالت دشارژ یا شارژ برای باتری است، بطوریکه درحالت هایی که علامت مثبت نشان می‌دهد به معنای شارژ و در حالت‌های که علامت منفی مشخص می‌شود بیانگر دشارژ باتری است.

٤-۳- قیود مسئله

٤-۳-۱- محدودیت برش بار

مرز بالا و پایین برش بار بشکل رابطه ذیل است که باید رعایت شود.

39. Dashtaki
40. Electric vehicles
41. Dashtaki
42. Samadi

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

$$0 \le \Delta P_{t,n}^{clip} \le U_n^{clip} r_{up}^{clip} P_{t,n} \quad (۸)$$

$\Delta P_{t,n}^{clip}$ نشان دهنده مقدار از بار n است که در زمان لحظه ای t برش می‌خورد. U_n^{clip} متغیری است مشخص کننده که بیان می کند بار در استراتژی برش بار سهیم می شود یا خیر. با مشارکت بار مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می پذیرد. r_{up}^{clip} مرز بالایی از برش بار را مشخص می کند که به وسیله ی کاربر مشخص می‌گردد و $P_{t,n}$ بار n در لحظه t است.

٤-۳-۲- محدودیت انتقال کامل بار

فرض می شود که شکل بار لذون تغییر بوده و از نظر زمانی جابجا گردد. لازم به ذکر است که چنانچه بار۲۲ ساعت رو به عقب و یا ۲ساعت رو به جلو برگردد تأثیر یکسانی بر پروفیل بار الکتریکی خواهد گذاشت. (سلیمانی [۴۳] و دیگران،۲۰۲۱)

$$\Delta P_{t,n}^{trans} = U_n^{trans} \left(P_{t,n} - \sum_{\Delta t} y_{n,\Delta t} P_{t+\Delta t} \right)$$
$$\sum_{\Delta t} y_{n,\Delta t} = U_n^{trans} \quad 1 \le \Delta t \le 23 \quad (۹)$$

تفاوت میان بار n قبل و بعد از انتقال در لحظه t با $\Delta P_{t,n}^{trans}$ نمایش داده شده است. مشارکت بار الکتریکی در انتقال به وسیله ی U_n^{trans} نشان داده می‌شود که مقدار صفر یا یک می پذیرد. $y_{n,\Delta t}$ نشان دهنده ی این می باشد که بار n به میزان Δt منتقل شده یا خیر و مقدار آن صفر یا یک است.

٤-۳-۳- محدودیت مربوط به شارژ و دشارژ

محدودیت هایی که در این بخش لازم است رعایت شوند بدین ترتیب می‌باشند:

$$P_{disch,\max} \le P_{ch}(h) \le P_{ch,\max} \quad (۱۰)$$

$$\left[SOC(h-1) - EV_{SOC\min} \right] \times \eta_{disch} \le P_{ch}(h) \le \frac{EV_{BC} - SOC(h-1)}{\eta_{ch}} \quad (۱۱)$$

که در آن: $P_{ch,\max}$: ماکزیمم نرخ شارژ باتری (KW) , $P_{disch,\max}$: مینیمم نرخ دشارژ باتری (KW) , EV_{BC}: ظرفیت باتری (KWh) ,

$EV_{SOC\min}$: مینیمم میزان مجاز برای سطح شارژ باتری (KWh).

٤-۳-٤- دیگر محدودیت ها

مقدار ماکزیمم پروفایل بار پس از اعمال مدیریت بار($P_{\max}^{new}$) به نسبت گذشته ($P_{\max}^{old}$) افزوده نشده باشد ؛ به عبارتی اوج بار جدیدی ایجاد نگردد.

$$P_{\max}^{new} \le P_{\max}^{old} \quad (۱۲)$$

مقدار مینیممی پروفایل بار پس از اعمال مدیریت بار الکتریکی($P_{\min}^{new}$) نسبت به گذشته ($P_{\min}^{old}$) کم نشده باشد به عبارتی دره جدیدی ایجاد نشود.

$$P_{\min}^{new} \ge P_{\min}^{old} \quad (۱۳)$$

43. Solaymani

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

واریانس پروفایل بار الکتریکی پس از اعمال مدیریت بار (Var_L^{new})به نسبت گذشته (Var_L^{old}) کم شود به عبارتی، ضمن نزدیکی پروفایل بارالکتریکی به مقدار متوسط آن، منحنی پروفایل بار مسطح شده و ضریب بار ارتقاء یابد(پدرسا [۴۴] و دیگران،۲۰۱۰).

$$Var_L^{new} < Var_L^{old} \quad (۱۴)$$

۵- تکنیک های بهینه سازی

بیشتر مسائل بهینه سازی که بشر در دنیای واقعی با آنها سرو کار دارد، بیش از یک هدف را دربرمی گیرند؛ به طوریکه پاسخ بهینه مسأله هنگامی حاصل می گردد که کلیه اهداف به مرز خاصی از بهینگی رسیده باشند. این گونه مسائل را مسائل بهینه سازی چندهدفه می نامیم. اهداف مطرح در مسائل بهینه سازی چند هدفه ممکن است با هم در تضاد باشند، از این رو، با مجموعه ای از پاسخ های بهینه مواجه خواهیم بود. از آنجا که روشهای کلاسیک در هر مرحله از اجرای الگوریتم تنها یک پاسخ را می توانند بیابند، نمی توانند برای یافتن مجموعه ای از پاسخ های بهینه مناسب باشند. کاربرد روش‌های فراابتکاری هوشمند برای کنترل سیستم‌های پیچیده و غیرخطی در دهه اخیر به طور گسترده در زمینه‌های مختلف علم و فناوری مورد استفاده قرار گرفته است. (اوزتورک [۴۵] و دیگران،۲۰۱۳). گاهی اوقات، چنین مسائلی بسته به ماهیت واقعی و عملی خود، می توانند تابع هدف یا محدودیت های مدل بسیار پیچیده ای داشته باشند. چنین روش هایی قدرتمند هستند و کارایی آنها در حل انواع مسائل بهینه سازی ثابت شده است (مززئو [۴۶] و دیگران،۲۰۲۲). در این مقاله از الگوریتم تکامل تفاضلی به منظور بهینه سازی هوشمند مدیریت بار خانگی با حضور عناصر تجدیدپذیر و بارهای قابل کنترل استفاده شده است که در ادامه شرح داده شده است.

۵-۱- الگوریتم تکامل تفاضلی (DE)

تکامل تفاضلی، یک راهبرد احتمالی برمبنای جمعیت است که اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط راینر استورن و کنت پرایس معرفی شد. در شرایطی که تکامل تفاضلی شباهت هایی با دیگر الگوریتم های تکاملی دارد، اما از این لحاظ که از اطلاعات در رابطه با جهت و فاصله جمعیت حاضر برای هدایت رویه جستجو بکار می گیرد با آنها متفاوت است. علاوه بر آن DE پایه برای کار روی محیط هایی با مقادیر پیوسته بسط می یابد. الگوریتم DE جهت غلبه بر عیب اصلی الگوریتم ژنتیک، یعنی نبود جستجوی محلی در این الگوریتم ارائه شده است، تفاوت اصلی بین الگوریتم های ژنتیک و الگوریتم DE در عملگر انتخاب [۴۷] است. در الگوریتم های تکاملی تغییرات از نسلی به نسل دیگر توسط اعمال عملگرهای برش و جهش بدست می آید. اگر هر دو این عملگرها بکار گرفته شود، ابتدا برش استفاده شده و سپس فرزندان تولید شده جهش خواهند یافت. برای این دستورالعمل ها، اندازه گام جهش، از شماری تابع توزیع احتمالی نمونه گیری می شود. DE با این الگوریتم های تکاملی در موارد ذیل متفاوت است: – در ابتدا اپراتور جهش برای تولید یک بردار آزمایشی استفاده می شود و پس از آن عملگر برش برای تولید یک فرزند بکار می رود. – اندازه گام جهش از یک تابع توزیع احتمال از پیش شناخته شده نمونه گیری نمی شود. در ، DEاندازه گام جهش از اختلاف میان افراد جمعیت فعلی تاثیر می پذیرد. موقعیت اشخاص اطلاعات با ارزشی را در ارتباط با فضای تابع ارزش فراهم می آورد. به شکل مثال زمانی که یک راهکار مقداردهی اولیه یکنواخت تصادفی به منظور ساختن جمعیت اولیه بکار می رود، این جمعیت بازنمایی مناسبی از کل فضای جستجو را فراهم می نماید که فاصله میان تک تک اشخاص در آن به نسبت زیاد است. با گذشت زمان و پیشرفت رویه جستجو، فاصله بین اشخاص کمتر می شود تا آنکه تمام آنها به یک راه حل مشابه همگرا گردند. لازم به ذکر است که

44. Pedrasa
45. Ozturk
46. Mazzeo
47. Selection Operators

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

اندازه بزرگی فاصله میان افراد از اندازه جمعیت تاثیر می پذیرد، هر چقدر تعداد اشخاص موجود در جمعیت بالاتر باشد، اندازه بزرگی این فاصله کوچکتر خواهد بود. فاصله میان اشخاص علامت خوبی از تنوع جمعیت حاضر و نیز اندازه طول گام به منظور همگرایی به یک نقطه است. بدان معنی که اگر فاصله میان اشخاص در جمعیت بالا باشد، افراد باید برای ماکزیمم اکتشاف ممکن فضای جستجو، اندازه گام زیاد تری را داشته باشند. از سوی دیگر، در صورتی که فاصله میان افراد کم باشد، اندازه گام برای اکتشاف مناطق محلی باید کوچک باشد. پس اولین مرحله به منظور جهش در DE محاسبه یک یا چند بردار فاصله و پس از آن استفاده از این بردارها به منظور تعیین میزان بزرگی و همچنین جهت اندازه گام جهش می باشد. بکارگیری تفاضل های برداری به منظور بدست آوردن پراکندگی چند مزیت دارد: اول آنکه، اطلاعات محیط تابع ارزش که به وسیله ی جمعیت نشان داده می شود به منظور جهت دهی به جستجو مورد استفاده قرار می گیرد. دوم آنکه، با توجه به قضیه حد مرکزی، اندازه گام جهش به یک تابع توزیع گوسی میل می کند و این بدان معنی است که جمعیت لازم است به قدر کافی بزرگ باشد که شامل تعداد زیادی بردار فاصله باشد. متوسط توزیع که توسط بردارهای فاصله ساخته می شود، همواره صفر است و تعیین کننده آن است که افراد به منظور محاسبه بردارهای فاصله بشکل یکنواخت از جمعیت انتخاب می شوند. با این قید که افراد بشکل یکنواخت انتخاب می شوند، این مشخصه این مساله را به دنبال خواهد داشت که بردارهای فاصله(Xi1-Xi2) و (Xi2-Xi1) با فرکانس مشابهی رخ می دهند،Xi1وXi2 دو فردی هستند که بشکل تصادفی برگزیده شده اند. توسط صفر اندازه گامها تضمین مینماید که انباشتگی ژنتیکی به جمعیت تحمیل نخواهد شد. نهایتا تفاضل ها بینهایت کوچک خواهند شد، که باعث جهش های بسیار کوچکی می گردند.نکته قابل ذکر آن است که به منظور تعیین اندازه گام جهش قادر است بیش از یک بردار تفاضل استفاده گردد. اگر Nv تعداد تفاضل های بکار رفته را نشان دهد و Ns اندازه جمعیت باشد، پس تعداد کل انحرافات تفاضلی با فرمول زیر تعیین می شود: (سنمار [48] و دیگران،۲۰۲۰)

$$\begin{bmatrix} n_s \\ 2n_v \end{bmatrix} 2n_v ! \approx O\left(n_s^{2nv}\right) \qquad (۱۵)$$

فرمول بالا تعداد تمام جهت‌هایی که در هر نسل قادر است اکتشاف شود را نشان می‌دهد. برای افزایش قدرت اکتشاف DE تعداد این جهت‌ها قادر است با افزایش اندازه جمعیت و یا شمار تفاضل‌هایی که بکار گرفته می شود، افزایش یابد. در اینجا باید تاکید گردد کهDE پایه برای جستجوی فضاهایی با ارزش حقیقی معرفی شده است.

۵-۱-۱- جهش

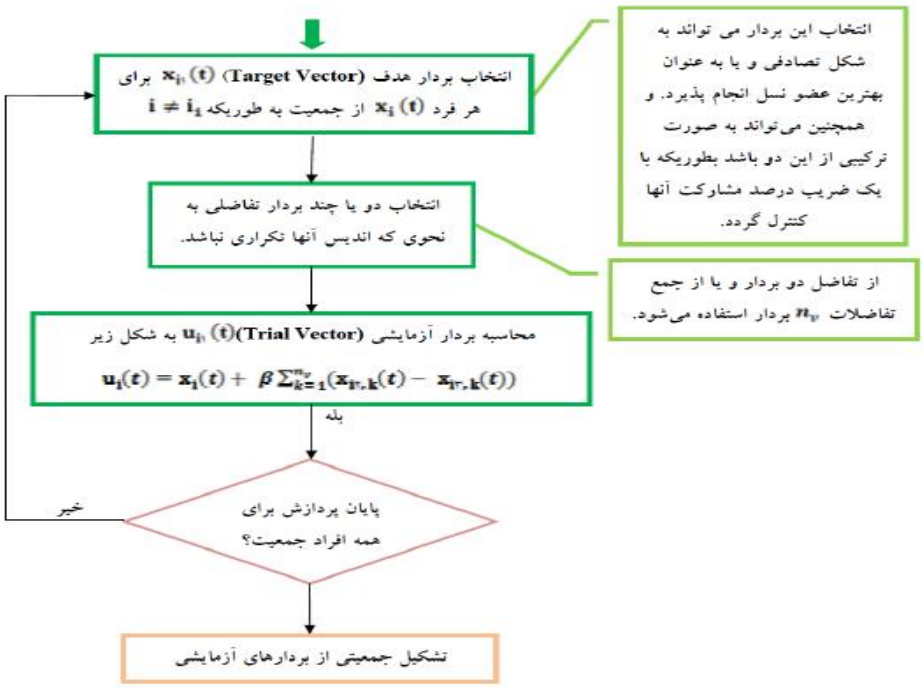
اپراتور جهش DE یک بردار آزمایشی بـرای هـر شخص از جمعیت را بـا جهش دادن یک بـردار هدف و یک تفاضل وزن‌دار تولید می‌کند. این بردار هدف بعد از از آن با عمل برش جهت تولید فرزند استفاده می‌شود. برای هر والد $x_i(t)$ بردار آزمایشی، به صورت زیر تولید می‌شود: یک بردار هدف $x_{i1}(t)$ را از جمعیت برگزین به گونه‌ای که $i \neq i_1$. سپس به شکل تصادفی دو فرد x_{i2} و x_{i3} را از جمعیت برگزین به صورتی که $i \neq i_1 \neq i_2 \neq i_3$ و نیز $i_1, i_2, i_3 \in U(1, n_s)$ باشد. با استفاده از این افراد بردار آزمایشی به این شکل ایجاد می‌شود:

$$\vec{u}_i(t) = x_{i1}(t) + \beta(x_{i2}(t) - x_{i3}(t)) \qquad (۱۶)$$

که یک ضریب مقیاس می باشند و میزان تأثیر تفاضل را تحت کنترل در می آورد. روش‌های متعددی برای انتخاب بردار هدف و همچنین محاسبه تفاضل تا کنون معرفی شده‌اند. شکل ۳ بیانگر فلوچارت مربوط به عمل جهش در تکامل تفاضلی است.

48. Senemar

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل۳. فلوچارت عملگر جهش

اپراتور برش DE یک ترکیب گسسته از بردار آزمایشی $u_i(t)$ و بردار والد $x_i(t)$ را جهت تولید فرزند $x_i'(t)$ اعمال می کند. برش به این راه اعمال می شود: (اگنتیس [۴۹] و دیگران،۲۰۱۳)

$$x'_{ij}(t) = \begin{cases} u_{ij}(t) & if \quad j \in J \\ x_{ij}(t) & otherwise \end{cases} \tag{۱۷}$$

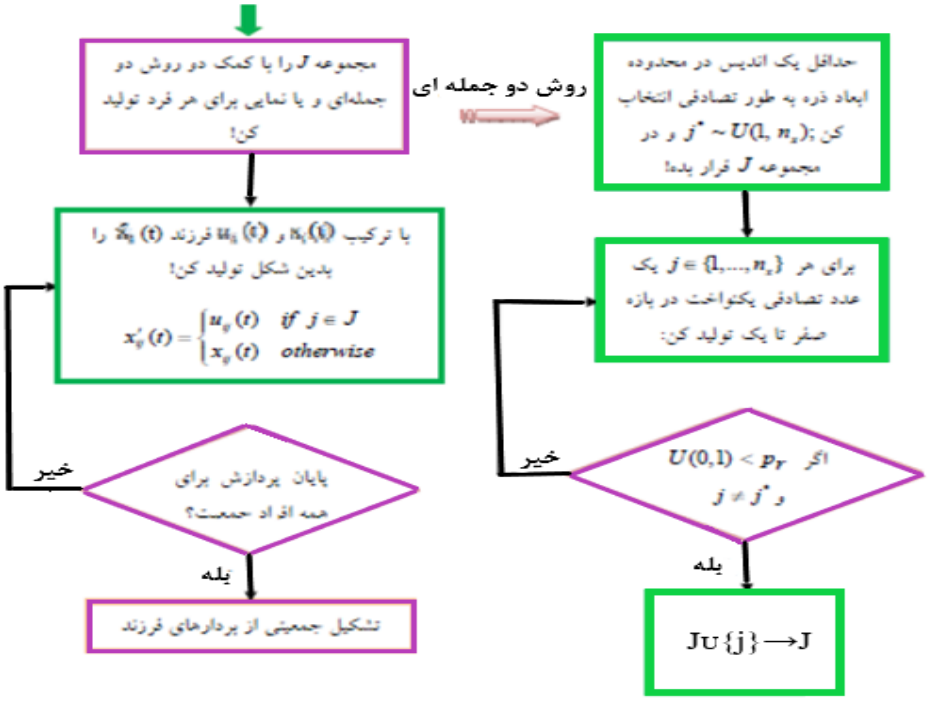
که در آن x_{ij} به j –امین عنصر از بردار $x_i(t)$ اشاره می‌کند و J مجموعه‌ای از اندیس‌ها است که تغییر می کنند، یا به بیانی دیگر، مجموعه‌ای از نقاط برش می‌باشد. راهکارهای بی شماری به منظور تعیین مجموعه J استفاده می‌گردد. رایجترین راهکار تحت عنوان برش دوجمله‌ای به شکل زیر می‌باشد:

۵-۱-۲- برش دو جمله ای

نقاط برش به شکل تصادفی از مجموعه‌ی کل نقاط امکان پذیر برش، $\{1,2,...,n_x\}$ برگزیده می شوند، که در آن n_x بعد مساله است. الگوریتم ذیل (جدول۴) ، این روال را خلاصه کرده است. در این الگوریتم، p_r احتمال آن می باشد که نقطه برش منظور شده به کار گرفته شود. هر اندازه این احتمال بیشتر باشد، تعداد نقاط برش بیشتری گزینش خواهند شد. یعنی عناصر بیشتری از بردار آزمایشی جهت تولید فرزندان استفاده می شود و برحسب این احتمال، امکان دارد هیچ نقطه‌ای انتخاب نشود و در این حالت فرزند حاصل مشابه پدر می شود. به همین علت برای آنکه دست کم یک عنصر از فرزند با پدر خویش متفاوت شود، مجموعه نقاط برش،J، مقداردهی اولیه شده تا یک نقطه تصادفی j^* را شامل شود . شکل ۴ بیانگر فلوچارت مربوط به برش دو جمله ای در تکامل تفاضلی است. (م. ارول-کانتارکی [۵۰] و دیگران،۲۰۱۱)

[49] Agnetis
[50] M. Erol-Kantarci

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل۴. فلوچارت برش دو جمله ای

۵-۱-۳- انتخاب

از اپراتور تولید یک بردار آزمایشی استفاده شود و دوم برای تعیین آنکه کدام یک از والدها و یا فرزندان به نسل آینده راه یابند. انتخاب تصادفی به طور معمول برای گزینش افراد در محاسبه بردارهای تفاضلی بکار می رود در اکثر پیاده‌سازی‌های DE ، بردار هدف یا به شکل تصادفی برگزیده می شود یا آنکه بهترین فرد برای این مقصود به کار می‌رود. جهت پدید آوردن جمعیت نسل بعدی، از روش گزینش قطعی استفاده می‌شود، در این حالت فرزند به شرطی جایگزین والد خود خواهند شد که برتر از آن باشد،وگرنه والد به نسل بعدی راه پیدا میکند. این عمل تضمین می‌نماید که تابع ارزش میانگین جمعیت بدتر نمی‌گردد.

جدول ۲ . الگوریتم برش دوجمله‌ای تکامل تفاضلی برای انتخاب نقاط برش

۱. عدد، $j^* \square U(1, n_X)$ را انتخاب کن؛
۲. j^* را به مجموعه J اضافه کن؛
۳. شروع حلقه
۴. برای هر j که متعلق به بازه‌ی $j \in \{1,\ldots,n_X\}$ انجام بده؛
۵. اگر $U(0,1) \langle p_r$ و $i \neq j^*$ آنگاه
۶. j را به مجموعه J اضافه کن،
۷. اگر شرایط توقف مشاهده شد، (که در اینجا تعداد دفعات تکرار مساوی با n_X می‌باشد)
۸. پایان حلقه.

۵-۱-۴- الگوریتم تکامل عمومی

الگوریتم زیر (جدول ۳) یک پیاده سازی کلی از استراتژی DE را بیان می‌کند. مقداردهی اولیه جمعیت با انتخاب مقادیر اندیس جمعیت به صورت تصادفی انجام می‌شود به طوری‌که فرد انتخاب شده در محدوده تعریف شده از افراد باشد. یعنی برای هر فرد،

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

$x_{ij}(t) \square u(x_{\min,j}, x_{\max,j})$ باشد، که در آن $x_{\max,j}, x_{\min,j}$ محدودیت‌های جستجو را تعریف می‌کنند. هرکدام از شرایط توقف می‌تواند برای خاتمه دادن به الگوریتم استفاده شود. فلوچارت الگوریتم تکامل تفاضلی در شکل ۵ نشان داده شده است.

جدول ۳. الگوریتم تفاضل تکاملی عمومی

۱. پارامترهای کنترلی، β و p_r را تنظیم کن
۲. جمعیت اولیه، $C(0)$ به تعداد n_j از افراد را مقداردهی کن
۳. تا زمانی که شرایط توقف درست نباشد، انجام بده
۴. شروع حلقه
۵. برای هر فرد متعلق به جمعیت $x_i(t) \in C(t)$
۶. تابع ارزش، $f(x_i(t))$ را ارزیابی کن
۷. بردار آزمایشی، $u_i(t)$ را با اعمال عملگر جهش تولید کن
۸. یک فرزند، $x_i'(t)$ را با اعمال عملگر برش ایجاد کن
۹. اگر $f(x_i(t))$ از $f(x_i'(t))$ باشد آنگاه
۱۰. $x_i'(t)$ را به $C(t+1)$ اضافه کن
۱۱. در غیر این‌صورت
۱۲. $x_i(t)$ را به $C(t+1)$ اضافه کن
۱۳. پایان حلقه؛
۱۴. فردی با بهترین مقدار تابع ارزش را به عنوان راه‌حل برگردان

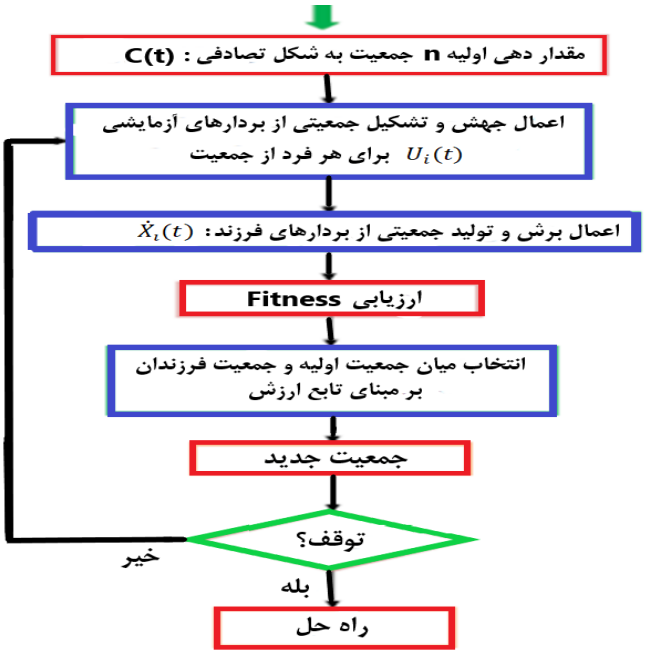
٦- شبیه‌سازی و نتایج

٦-١- معرفی سیستم آزمون

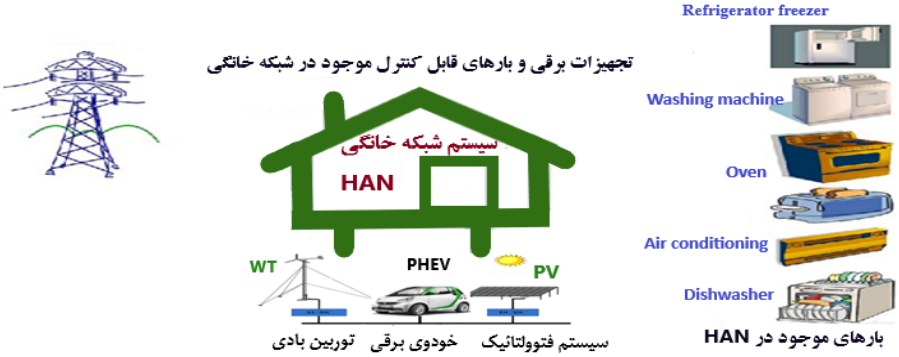
در این بخش به مدلسازی مسئله در روش پیشنهادی پرداخته می شود و شبیه سازی و کد نویسی توسط نرم افزار MATLAB اختصاص داده شده و نهایتا نتایج حاصل از شبیه سازی بیان گردیده است. سیستم شبکه خانگی مد نظر در این مقاله تجهیزاتی مانند[۵۱] (PHEV)، [۵۲] (WT)،[۵۳] (PV)، و همچنین بارهای الکتریکی کنترل شونده و غیر قابل کنترل را شامل می‌شود. شکل ۶ بیانگر سیستم هوشمند خانگی بیان شده است که در مقاله پیش رو نظر گرفته شده است. در این شکل سیستم HAN پیشنهادی مقاله که شامل توربین بادی، سیستم فتوولتائیک، خودرو برقی، یخچال، ظرف شویی، لباسشویی، گاز برقی و سیستم تهویه مطبوع هوا می‌باشد مشخص شده است.

51. Plug-in Hybrid Electric Vehicle
52. Wind turbine
53. Photovoltaic

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل۵. فلوچارت الگوریتم DE

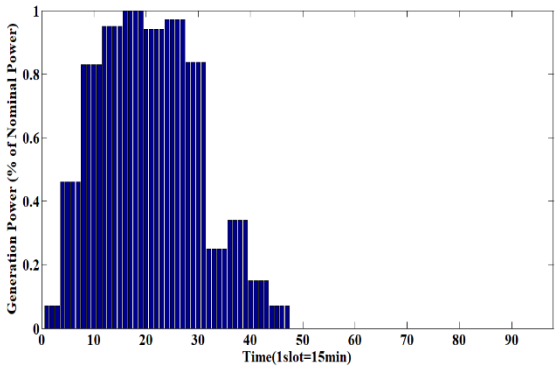


شکل۶. سیستم شبکه خانگی در نظر گرفته شده

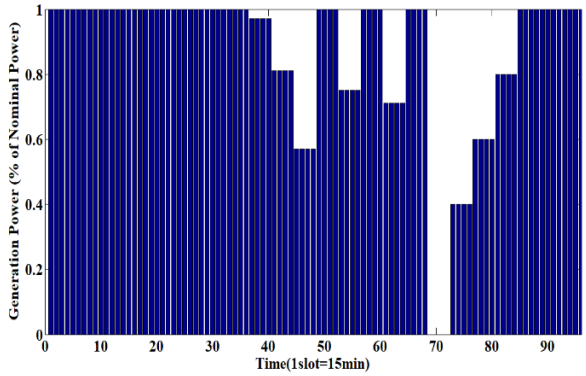
٦-٢- سیستم تولید تجدید پذیر در سیستم HAN

به منظور مدلسازی منابع تولید توان تجدید پذیر در نظر گرفته شده، متوسط تولید آن‌ها که از روی توابع احتمالی آن‌ها بدست آمده تحت عنوان رژیم تولیدی توان در نظر گرفته شده است که در ساعات متفاوت مختلف است. شکل ۷ رژیم تولید توان از سیستم توربین بادی و شکل ۸ تولید سیستم خورشیدی را بطور مجزا نشان می‌دهند. در هر دو نمودار بیان شده در شکل های زیر درصد تولید توان نسبت به مقدار اصلی در نظر گرفته شده در سیستم را در طی یک روز نشان می دهد. محور عمودی و زمان (۲۴ ساعت شبانه روز که به ۹۶ قسمت تقسیم شده است) در محور افقی مشخص شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل۷. رژیم تولید توان توربین بادی



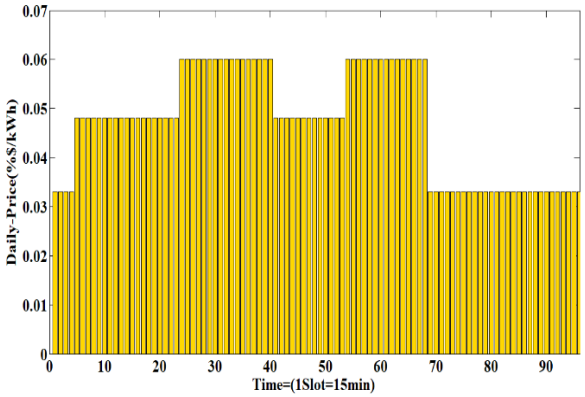
شکل۸. رژیم تولید توان خورشیدی

٦-۳- بارهای الکتریکی موجود در سیستم HAN

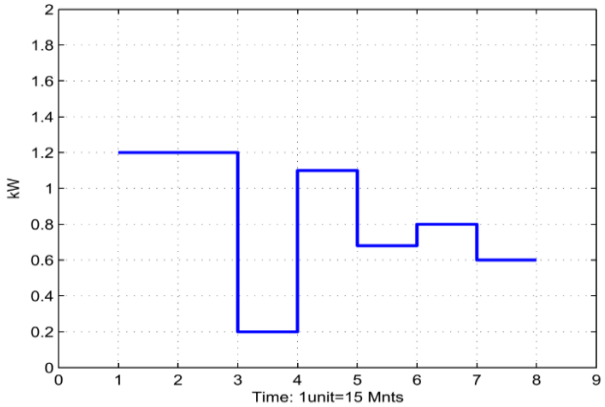
در این مقاله بارهای الکتریکی مختلفی در نظر گرفته شده است که در ادامه به تشریح آن ها پرداخته خواهد شد. بارهای الکتریکی که قابلیت اعمال مدیریت بار را دارند جز چالش هایی است که اکثرا در مقالات و مطالعات متعددی در زمینه مطالعاتی سیستم مدیریت انرژی بحث شده است. معمولا این دسته از بارهای الکتریکی مصرف انرژی بالایی دارند. هر کدام از تجهیزات زمان عملکرد معین و چرخه کاری مخصوص به خود را دارند بطوریکه پروفیل بار مشخصی در دوره عملکرد این تجهیزات وجود دارد. این پروفایلهای بار در واقع به عنوان پروفایل بار برای تک تک تجهیزات متفاوت تعریف شده که میتواند توسط اندازه‌گیری تجربی در بازه زمانی معیین نیز حاصل گردند. همچنین بدلیل اینکه تعرفه های متفاوت برق در ساعات متفاوت برق و تاثیر آن بر مدیریت بارهای الکتریکی متفاوت است. تعرفه در ساعت های متفاوت برق در شکل۹ مشخص گردیده که در این مقاله اعمال شده است.

٦-۳-۱-[۵۴] ماشین ظرف شویی

ابتدا به پروفیل بار ماشین ظرفشویی پرداخته شده است. پروفیل بار ماشین ظرف شویی در نظر گرفته شده ۳ دوره اصلی برای عملکرد دارد: شست‌وشو،آب کشی ظرف‌ها و خشک کردن ظرف ها. کل مدت زمان عملکرد ماشین ظرف شویی حدود ۱۰۵ دقیقه می‌باشد. در طی این زمان ماشین ظرف شویی توانی از حدود ۰/۶ تا ۱/۲ کیلو وات مصرف دارد. شکل ۱۰ پروفیل بار ماشین ظرف شویی را مشخص می‌نماید. ماشین ظرف شویی به عنوان بار قابـل انتقال در نظر گرفته شده است.



شکل۹. تعرفه ها در ساعت های متفاوت برق



شکل۱۰. پروفیل بار ماشین ظرف شویی

54. Dishwasher

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

اطلاعات مربوط به بارهای الکتریکی که در سیستم هوشمند خانگی مد نظر این مقاله در نظر گرفته شده از اطلاعات واقعی تجهیزات برقی خانگی گزارش شده در Virginia Teach اقتباس گردیده است. اطلاعات مذکور بصورت هر ۱۵ دقیقه رکورد گردیده است.

٦-۳-۲-ماشین لباس شویی[55]

فرایند ماشین لباسشویی در نظر گرفته شده نیز شامل ۲ مرحله است: شست و شو و آب کشی حدود ۴۵ دقیقه ، بعد از آن ۱۵ دقیقه خشک کن شروع به کار خواهد کرد. در نتیجه تقریبا ۶۰ دقیقه زمان برای کل عملکرد ان نیاز است. پروفیل ماشین لباسشویی نیز به عنوان بار قابل انتقال درنظر گرفته شده است. وجود تنظیمات متفاوت و برنامه های متفاوت شست شو در دو تجهیز ماشین لباسشویی و ظرف شویی و تنظیم زمان قابل استفاده که در نهایت منجر به کاهش انرژی استفاد شده نیز می گردد باعث می شود تا عملگر برش را نیز تا حدودی بتوان در قبال این پرو فیل های بار به کار گرفت.

٦-۳-۳-یخچال (cuft-۱۵/٦) با فریزر بالا[56]

یخچال به عنوان باری غیر قابل انتقال و همچنین دارای عملگر برش بوده که در طی ۲۴ ساعات شبانه روز فعالیت دارد.

٦-۳-٤تهویه هوای مرکزی (AC) در نظر گرفته شده-[57]

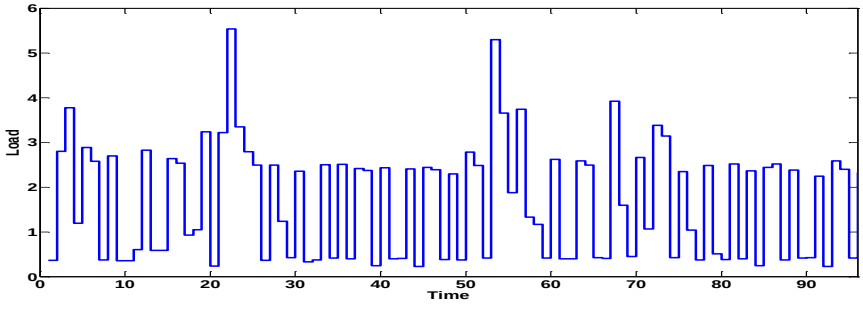
بیشترین زمان مصرف زمانی است که کپرسور AC روشن و میزان آن ۲/۷۵ کیلووات است . در زمان استندبای بودن مصرف آن به ۲۵۰ وات می‌رسد. تهویه هوای مرکزی جز دسته ی تجیزات غیر قابل انتقال است زیرا این تجهیز وابستگی شدیدی به دمای محیط عملکرد دارد.

٦-۳-۵-فرگاز برقی[58]

تجهیز فرگاز ممکن است در طی یک مدت شبانه روز بیشتر از یک بار مورد استفاده قرار بگیرد. بنابراین عملکرد آن یکبار صبح و بار دیگر در نوبت عصر خواهد بود. زمان بکارگیری فرگاز، صبح به اندازه ۳۰ دقیقه و توان مصرفی آن بین ۰/۸۳ تا ۱/۲۸ کیلو وات متغییر است. فرگاز برقی می تواند در محدوده ی بازه زمانی محدود انتقال داده شده تا حداکثر استفاده از آن حاصل شود.

٦-۳-٦-مجموع بارهای موجود در HAN[59]

توان های الکتریکی مصرفی کلیه تجهیزات در شبکه هوشمند خانگی در ۲۴ ساعت شبانه روز در شکل ۱۱ مشخص شده است. در پروفیل های در نظر گرفته شده ۲۴ ساعت شبانه روز به ۹۶ بازه ی ۱۵ دقیقه تقسیم گردیده است و این تقسیم بندی از ساعت ۶ صبح شروع شده است.



شکل۱۱. مجموع مصرف بارهای موجود در HAN در طی شبانه روز

55. Washing machine
56. Refrigerator freezer
57. Air conditioning
58. Oven
59. Total loads available in HAN

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

٦-٤- بیان نتایج

جدول ۴ شرایط اعمال استراتژی های متفاوت در این مقاله را مشخص می کند. مطابق این جدول ، AC در ۹۶ قسمت ۱۵ دقیقه‌ای یعنی کل شبانه روز روشن است بنابراین شیفت بار امکان‌پذیر نیست. بنابراین باید با تنظیم درجه دمای محیط باعث کاهش مصرف شد یا با اعمال درجه دمای پایین‌تر مصرف آن را افزایش داد. در هر صورت می‌تواند کاهش بار انجام شود. بطوریکه بیشترین حد کاهش بار توسط کاربر مشخص باشد که در این مقاله این مقدار برابر با ۰/۳ پریونیت یا ۳۰٪ درصد مدنظر می‌باشد. در ۲۴ ساعت شبانه روز یخچال روشن بوده بنابراین شیفت یا برش قسمتی از بار وجود نخواهد داشت. اما ماشین ظرف‌شویی با توجه به تنظیمات آن هم شیفت بار و هم برش قسمتی از بار وجود دارد. ماشین ظرف‌شویی نیز بین بازه ۶۷ تا بازه ۹۶ قابلیت شیفت و انتقال بار را دارد و همچنین تا ۰/۲ پریونیت برای آن حد کاهش و برش بار تصور شده است. این تجهیز از بازه ۱۷ تا بازه ۹۶ قابلیت انتقال بار و کارکرد در نظر گرفته شده است که حداکثر کاهش بار با توجه به تنظیمات این ماشین ۳۰٪ منظور گردیده است. با توجه به صرف صبحانه و شام طی ساعات مشخص بازه انتقالی برای فرگاز در صبح و بعدازظهر به ترتیب ۳ تا ۷ و ۵۳ تا ۶۱ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴. شرایط اعمال استراتژی های مدیریت بار

ردیف	تجهیز	حداکثر انتقال	حداکثر کاهش بار	طول پروفیل	بازه زمانی
۱	تهویه هوای مرکزی	۰	۰/۳	۹۶	[۱ ۹۶]
۲	یخچال با فریزر بالا	۰	۰	۹۶	[۱ ۹۶]
۳	ماشین ظرف شویی	۲۹	۰/۲	۷	[۶۷ ۹۶]
۴	ماشین لباس شویی	۷۹	۰/۳	۸	[۱۷ ۹۶]
۵	فرگاز برقی (صبح)	۳	۰	۲	[۳ ۷]
۶	فرگاز برقی (عصر)	۳	۰	۶	[۵۳ ۶۱]

٦-٥- نتایج شبیه سازی

جدول ۵ پارامترها و مقادیر عددی را که به عنوان ورودی های مسئله هست و برای حل مسئله استفاده شده است را نمایش می‌دهد. همچنین جدول۶ مهمترین پارامترها الگوریتم تکامل تفاضلی را نشان می دهد.

جدول۵. پارامترها و مقادیر عددی در نظر گرفته شده

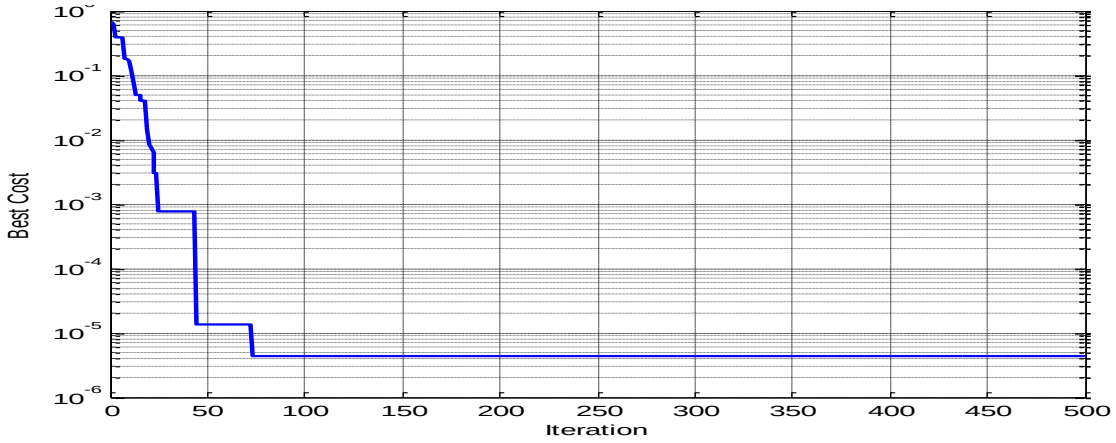
پارامترهای سیستم	مقادیر
ظرفیت توربین بادی نصب شده	۱کیلو وات
ظرفیت سیستم فتوولتائیک نصب شده	۱ کیلو وات
حداقل شارژ باتری	۰/۲ کیلو وات
نرخ شارژ در هر ۱۵ دقیقه	۰/۵
بازده ابزار شارژ	۰/۹
ظرفیت باتری	۸/۲ کیلو وات
هزینه دشارژ و یا فروش انرژی به شبکه	* ۱/۰۳ قیمت روزانه
سود حاصل از مشارکت در کاهش مصرف	* ۰/۰۴ قیمت روزانه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

جدول۶. پارامترها الگوریتم تکامل تفاضلی

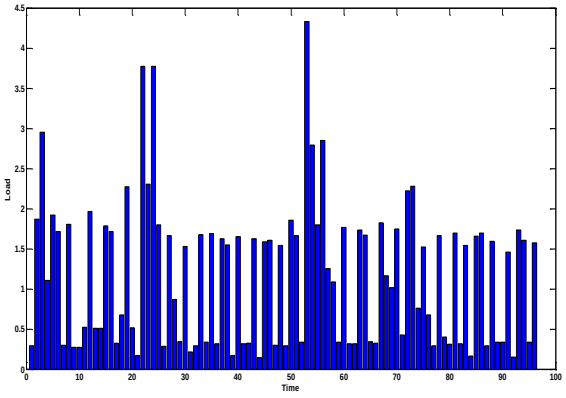
MaxIt=500;	% Maximum Number of Iterations
nPop=200;	% Population Size
beta_min=0.2;	% Lower Bound of Scaling Factor
beta_max=0.8;	% Upper Bound of Scaling Factor
PCR=0.2;	% Crossover Probability

نمودار همگرایی حاصل از حل توسط الگوریتم DE در شکل ۱۲ مشخص شده است. همانطور که مشخص است بعد از دوره تکرار ۶۰ به بهترین مقدار خود رسیده است و شرط خاتمه الگوریتم تعداد دوره ی تکرار است.

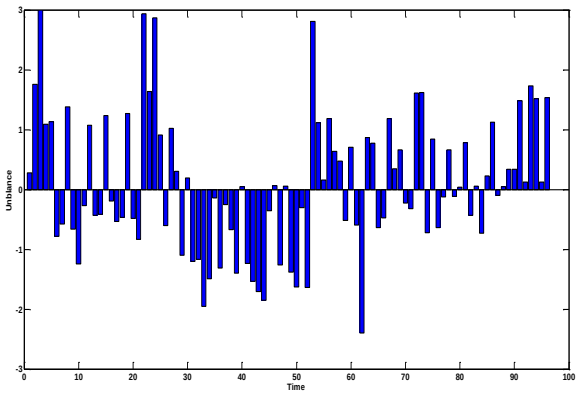


شکل۱۲. نمودار همگرایی توسط الگوریتم DE

مجموعه بارهای نهایی HAN بعد از اعمال روش مدیریت هوشمند ساعتی توسط DE با توجه به ارضای تابع هدف و قیود ان بصورت شکل ۱۳ می‌باشد. تولید و مصرف توان الکتریکی در HAN مورد نظر یکسان نبوده و اختلافی بین تولید و مصرف وجود دارد. شکل۱۴ اختلاف تولید و مصرف در HAN در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد.



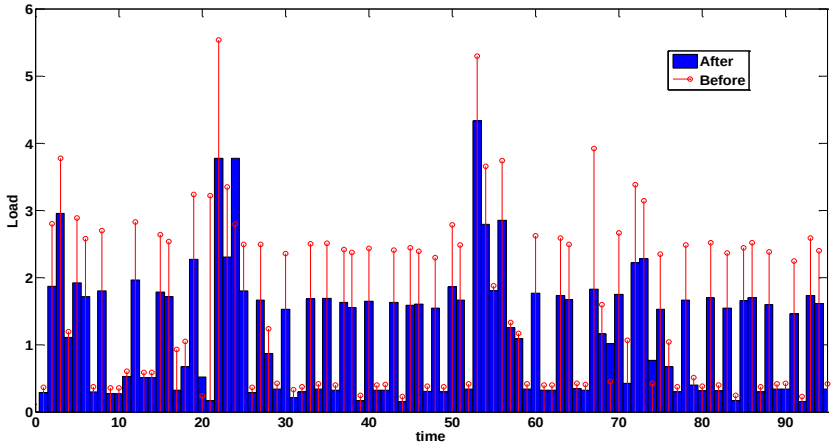
شکل۱۳. پروفایل بار HAN بعد از بهینه سازی توسط DE



شکل۱۴. اختلاف تولید و مصرف توان در HAN طی ۲۴ ساعات یک شبانه روز

برای مقایسه بار HAN قبل و بعد از شبیه سازی توسط DE و صحت سنجی روش اعمالی در شکل ۱۵ ترسیم شده است. همانطور که مشخص است: پروفایل بار نسبت به حالت پایه خطی‌تر شده و پیک بار نیز کاهش پیدا نموده که منجر به بهبود ضریب بار شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]



شکل۱۵. مقایسه بار HAN قبل و بعد از بهینه سازی توسط DE

همچنین با توجه به شکل ۱۵ مشخص است که درزمان‌های پیک بار مجموع بار HAN کاهش یافته، همچنین با کاهش قسمتی از بار و انتقال بارها به زمان‌های کم باری، هزینه نیز کاهش یافته است. در حقیقت ضریب بار HAN قبل از اعمال روش‌پیشنهادی برابر با ۰/۳۰۶ است که این بعد از اعمال شبیه سازی به ۰/۱۶۴۸ تقلیل یافته است این کارایی روش پیشنهادی را برای مسطح شدن پروفیل بار مشخص کرده است.

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مدیریت بار، که به عنوان مدیریت طرف تقاضا نیز شناخته می‌شود، فرایند تعادل تأمین برق در شبکه با بار الکتریکی با تنظیم یا کنترل بار به جای خروجی ایستگاه قدرت است. این امر را می‌توان با مداخله مستقیم کاربرد در زمان واقعی، با استفاده از رله‌های حساس به فرکانس (کنترل موج) , با ساعت‌های زمانی، یا با استفاده از تعرفه‌های خاص برای نفوذ بر رفتار مصرف‌کننده به دست آورد. مدیریت بار اجازه می‌دهد که برنامه‌ها ی کاهش تقاضا برای برق را در زمان اوج مصرف کاهش دهند (اصلاح اوج) که می‌تواند به نوبه خود هزینه‌ها را با از بین بردن نیاز به نیروگاه‌های برق قله ای کاهش دهد. به علاوه، برخی از نیروگاه‌های برق قله ای می‌توانند بیش از یک ساعت طول بکشند تا خط تولید کنند که مدیریت بار را غیرمنتظره تر می‌کنند برای مثال به‌طور غیرمنتظره از خط خارج شود. مدیریت بار نیز می‌تواند به کاهش انتشار گازهای مضر نیز کمک کند چون نیروگاه‌های اوج یا ژنراتورهای پشتیبان، اغلب کثیف‌تر و کم کارآمدتر از نیروگاه‌های برق بار پایه هستند. فناوری‌های نوین مدیریت بار به‌طور مداوم تحت توسعه هستند – هم توسط صنعت خصوصی و هم نهادهای دولتی. در این مقاله مدیریت بار مصرفی خانه های هوشمند مد نظر قرار گرفته است. خانه هوشمند مد نظر شامل بارهای قابل کنترل و غیر قابل کنترل بوده همچنین انرژی های تجدید پذیر نیز در آن دخیل هستند. شبکه مد نظر شامل سیستم فتوولتائیک – توربین بادی و خودروی الکتریکی است. هدف دنبال شده در این مقاله بهبود ضریب بار و همچنین کاهش هزینه برق مصرفی بوده است. بنابراین از الگوریتم هوشمند تکامل تفاضلی استفاده شده است. به محققینی که در آینده در مباحث مدیریت انرژی پژوهش می‌کنند پیشنهاد می‌شود: بررسی دیگر الگوریتم ها بخصوص الگوریتم های چند هدفه در حل مسئله مد نظر - در نظر گرفتن ضریب راحتی برای کاربران – متوسط گیری سالیانه و مدیریت فصلی بار – تأثیر مدیریت مصرف انرژی در کاهش تلفات شبکه سنجیده گردد. – روش‌های مدیریت مصرف انرژی با روش‌های دیگر کاهش هزینه‌های جاری همچون بازآرایی شبکه، توسعه و بهینه‌سازی شبکه و اتصال منابع تولید پراکنده ترکیب و مقایسه گردد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

منابع

[1] **Singh, Sha**shank, **Amit Roy, and M. P. Selvan (**2019)."Smart Load Node for Nonsmart Load under Smart Grid Paradigm: A New Home Energy Management System." IEEE Consumer Electronics Magazine 8.2 (2019): 22-27.

[2] **Goncalves, Ivo, alvaro Gomes, and Carlos Henggeler Antunes** (2019). "Optimizing the management of smart home energy resources under different power cost scenarios." *Applied Energy* 242 (2019): 351-363.

[3] **Huijbregts, Mart** (2019). "The Potential of an EV and Intelligent Load Management for a Smart home with Integrated PV and Battery." (2019).

[4] **Melhem, Fady Y., et al (**2017**).** "Optimization and energy management in smart home considering photovoltaic, wind, and battery storage system with integration of electric vehicles." Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering 40.2 (2017): 128-138.

[5] **Zhou, Bin, et al**. (2016). "Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 61 (2016): 30-40.

[6] **Javaid, Nadeem, et al** (2017). "An intelligent load management system with renewable energy integration for smart homes." IEEE Access 5 (2017): 13587-13600.

[7] **N. Shakouri, Hamed, and Aliyeh Kazemi** (2017). "Multi-objective cost-load optimization for demand side management of a residential area in smart grids." Sustainable cities and society 32 (2017): 171-180.

[8] **Rastegar, M, M. Fotuhi, and H.Zareipour** (2017)**. "**Home energy management incorporating operational priority of appliances." International Journal of Electrical Power & Energy Systems 74 (2016): 286-292.

[9] **Qayyum, F. A., Naeem, & Venkatesh, B. (2015).** Appliance Scheduling Optimization in Smart Home Networks. IEEE Access, 3, 2176-2190

[10] **S.A. Alavi-Matin, P. Radmehr, A. Ahmarinejad, S.A. Mansouri**, (2023). "Distribution systems energy management in the presence of smart homes, renewable energy resources and demand response programs by considering uncertainties", Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology, vol. 14, no. 53, pp. 79- 98, June 2023 (in Persian).

[11] **Tindemans, S. H., Bhavaraju, M., Lauby**, (2019). 859-2018 - IEEE Standard Terms for Reporting and Analyzing Outage Occurrences and Outage States of Electrical Transmission Facilities. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2019.8686405.

[12] **L. Guo, H.-C. Wu, H. Zhang, T. Xia, and S. Mehraeen,** (2015). ``Robust optimization for home-load scheduling under price uncertainty in smart grids," in Proc. Int. Conf. Comput., Netw. Commun., 2015, pp. 487493.

[13] Zadeh **Bagheri, Mahmoud, and Ildarabadi**, (2023). "Optimal management of the consumption side of household loads considering the degree of consumption sensitivity in the presence of small photovoltaic systems." Iranian Energy Journal 25.4 (2023): 1-20.

[14] **Dashtaki, Amir Ali, et al (**2022). "A Day ahead electrical appliance planning of residential units in a smart home network using ITS-BF algorithm." International Transactions on Electrical Energy Systems 2022 Volume 2022 | Article ID 2549887 | https://doi.org/10.1155/2022/2549887.

[15] **Alzahrani, Ahmad, Ghulam Hafeez, Khalid Rehman,** (2023). "Multi-Objective Energy Optimization with Load and Distributed Energy Source Scheduling in the Smart Power Grid" Sustainability 15, no. 13: 9970. https://doi.org/10.3390/su15139970.

[16] **Talaat, M., Elkholy, M.H., Alblawi, A. et al,** (2023)**.** Artificial intelligence applications for microgrids integration and management of hybrid renewable energy sources. Artif Intell Rev 56, 10557–10611 (2023). https://doi.org/10.1007/s10462-023-10410-w.

[17] **Nicoletti, Francesco, Mario Antonio Cucumo, and Natale Arcuri**, (2022). "Cost optimal sizing of photovoltaic-battery system and air–water heat pump in the Mediterranean area." Energy Conversion and Management 270 (2022): 116274.

[18] **Curiel, José Adrián Rama, and Jagruti Thakur,** (2022). "A novel approach for direct load control of residential air conditioners for demand side management in developing regions." Energy 258 (2022): 124763.

[19] **Mohammed, Nooriya A., and Ammar Al-Bazi**, (2021). " Management of renewable energy production and distribution planning using agent-based modelling." Renewable Energy 164 (2021): 509-520.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

[20] **Caisheng Wang; , et al** (2012). "An integrated economic/emission/load profile management dispatch algorithm," Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE , vol., no., pp.1,8, 22-26 July 2012.
[21] **Morgan, M.Y.; El Sobki, M.S.; Osman, Z.H.** (2013)**.,** "Matching demand with renewable resources using artificial intelligence techniques," EUROCON, 2013 IEEE, vol., no., pp.1011,1019, 1-4 July 2013.
[22] **Lujano-Rojas, Juan M., et al,** (2012). "Optimum load management strategy for wind/diesel/battery hybrid power systems." Renewable Energy 44 (2012): 288-295.
[23] **M. N. F. Nashed, M. N. Eskandar** (2013)**.** " Intelligent Load Management and Optimal Operation of a Wind-Diesel Hybrid Power System " Journal of Next Generation Information Technology (JNIT) Volume 4, Number 9, November 2013.
[24] **Sharma, S.; Jain, P,** (2021)**.** "Risk-averse integrated demand response and dynamic G2V charge scheduling of an electric vehicle aggregator to support grid stability". Int. Trans. Electr. Energy Syst. 2021, 31, e12867. doi.org/10.1002/2050-7038.12867
[25] **Y. Ozturk, P. Jha, S. Kumar, and G. Lee**, (2013). "A personalized home energy management system for residential demand response," in Proc. 4th Int.Conf. Power Eng., Energy Elect. Drives, May 2013, pp. 1241_1246.
[26] **M. A. A. Pedrasa, T. D. Spooner, and I. F. MacGill,** (2010). ``Coordinated scheduling of residential distributed energy resources to optimize smart home energy services," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 1, no. 2, pp. 134_143, Sep. 2010.
[27] **Ontario Power Authority**. OPA Micro Feed-In Tariff (FIT) Program. [Online]. Available: http://micro_t.powerauthority.on.ca/solarphotovoltaic-pv.
[28] **M. Erol-Kantarci and H. T. Mouftah**, (2011). ``Wireless sensor networks for costef _cient residential energy management in the smart grid," IEEE Trans.Smart Grid, vol. 2, no. 2, pp. 314_325, Jun. 2011.
[29] **Agnetis A, de Pascale G, Detti P, Vicino A**, (2013). "Load scheduling for household energy consumption optimization". IEEE Trans Smart Grid 2013;4(4):2364–73.
[30] **Samadi P, Mohsenian-Rad H, Wong VWS, Schober R**, (2013). "Tackling the load uncertainty challenges for energy consumption scheduling in smart grid. IEEE Trans Smart Grid 2013;4(2):1007–16.
[31] **A. Ahmarinejad, et al**, (2021). ''Energy management in microgrids including smart homes: A multi-objective approach,'' Sustain. Cities Soc., vol. 69, Jun. 2021, Art. no. 102852
[32] **S. Solaymani, et al,** (2021). "A Review on Energy and Renewable Energy Policies in Iran" Sustainability. 2021, 13, 7328
[33] **Mansouri, Saeedeh, et al,** (2023). "Using an intelligent method for microgrid generation and operation planning while considering load uncertainty." Results in Engineering 17 (2023): 100978.
[34] **Mazzeo, Domenico, et al,** (2022). "A smart algorithm to optimally manage the charging strategy of the Home to Vehicle (H2V) and Vehicle to Home (V2H) technologies in an off-grid home powered by renewable sources." Energy Systems (2022): 1-38.
[35] **Senemar, S., A. R. Seifi, M. Rastegar and M. Parvania** (2020). "Probabilistic Optimal Dynamic Planning of Onsite Solar Generation for Residential Energy Hubs." IEEE Systems Journal 14(1): 832 -841
[36] **Asgher, Urooj, et al,** (2018). "Smart Energy Optimization Using Heuristic Algorithm in Smart Grid with Integration of Solar Energy Sources" Energies 11, no. 12: 3494. https://doi.org/10.3390/en11123494
[37] **Parisio, A.; Wiezorek, C.; et al, (2017).** Cooperative MPC-Based Energy Management for Networked Microgrids. IEEE Trans. Smart Grid 2017, 8, 3066–3074
[38] **H. Golmohamadi, et al, (2019).** ''Optimization of household energy consumption towards day-ahead retail electricity price in home energy management systems,'' Sustain. Cities Soc., vol. 47, May 2019, Art. no. 101468.
[39] **Ramin Torkan, et al,** (2022). " A genetic algorithm optimization approach for smart energy management of microgrids", Renewable Energy, Volume 197,2022, P. 852-863, doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.055.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]

نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۶، شماره۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحه ۳۴-۵۶

Applying the intelligent algorithm of DE in household load management with the presence of renewable DG sources

Mahmoud Zadehbagheri
Department of Electrical Engineering, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran
Ma.zadehbagheri@iau.ac.ir
(Corresponding Author)
M. Reza Tabeshmoghadam
Department of Electrical Engineering, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran
reza_tabesh6016@yahoo.com

Received:
2023/07/22

Accepted:
2024/01/04

Keywords:
DE,
Intelligent load management,
Photovoltaic (PV),
HEM Method,
Renewable DG sources,
PHEV

Abstract:
In this paper, in order to intelligently manage the demand for smart home electrical networks, it includes electrical loads such as refrigerators, air conditioning systems, washing machines, dishwashers, electric ovens, and PHEV that can be charged and discharged by connecting to the city electricity. In this research, the DE algorithm has been used in order to intelligently optimize household load management with the presence of renewable elements and controllable loads. Also, wind and solar power generation sources have been considered, and the uncertainty related to power generation by their annual power generation regime has also been considered. The proposed goal is to reduce electricity costs and also improve the voltage profile of household loads. The load profile considered in this article is real and without averaging, which is adapted from authentic articles. The simulation was implemented by MATLAB software and the results were compared with the basic state in order to validate the results.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-06-11]