انتخاب محدوده پارکینگ و برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی با هدف بیش‌ترین سودرسانی در کمترین تلفات شبکه با حضور بارهای مهم

مهدی تورانی[1]، استادیار

۱- دانشکده فنی و مهندسی فردوس- دانشگاه بیرجند- ایران
tourani.mahdi@birjand.ac.ir

چکیده: خودروهای الکتریکی از فن‌آوری‌های مهمی هستند که در بستر شبکه هوشمند، امکان استفاده از آن‌ها به‌صورت مطلوب فراهم آمده است. این خودروها می‌توانند منشأ بسیاری خدمات برای شبکه باشند. برای ایجاد مطلوبیت در صاحبان خودروها جهت مشارکت در طرح‌های پیشنهادی شرکت برق، بایستی شرایط و جذابیت کافی به وجود آورده شود. ازجمله این شرایط سودرسانی اقتصادی است. از طرفی دیگر به خاطر انتقال خودروها به پارکینگ مخصوص، مسافت پیموده شده خودروها تا این پارکینگ‌ها باید تا حد امکان کاهش یابد. در سمت شرکت برق نیز، برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ باید به نحوی باشد که اهداف شبکه تأمین شود. این برنامه‌ریزی تابع خودروهای موجود در هر پارکینگ است. از همین رو، در این مقاله با استفاده از محدوده بندی بهینه مراجعه خودروها به هر پارکینگ و نیز برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروها، به افزایش سودرسانی به صاحبان خودرو و شرکت، با کمترین تلفات ممکن و کاهش مسافت پیموده شده خودروها تا پارکینگ پرداخته می‌شود. در ادامه با توجه به حساسیت ویژه و اهمیت بارهای مهم مانند مرکز اقتصادی، درمانی و یا امنیتی، تأثیر مکان این نوع بارها بر محدوده بندی پارکینگ و برنامه ریزی شارژ و دشارژ خودروها بررسی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بارهای مهم، سودرسانی اقتصادی، خودروهای الکتریکی، کاهش خاموشی بارهای مهم، کاهش مسافت پیموده شده تا پارکینگ، محدوده پارکینگ

تاریخ ارسال مقاله : ۱۳۹۶/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۷/۹/۵

نام نویسندهٔ مسئول : مهدی تورانی

نشانی نویسندهٔ مسئول : ایران - خراسان جنوبی - فردوس - بلوار ولیعصر- انتهای خیابان شهامت- دانشکده فنی و مهندسی وابسته به دانشگاه بیرجند

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]

۱- مقدمه

شبکه‌های هوشمند[1]، مدل امروزی شده شبکه‌های سنتی هستند که در آن مدیریت و تکنولوژی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده‌اند. خودروهایی الکتریکی[2] یکی از فن‌آوری‌هایی می‌باشند که بستر به‌کارگیری آن‌ها در این شبکه‌ها فراهم شده و بهره‌برداری از آن‌ها تسهیل یافته است. کاهش ذخایر جهانی نفت و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، تزریق بی‌رویه خودروهای دیزلی به شبکه حمل‌ونقل را کاهش و تمایل به حضور خودروهای الکتریکی را افزایش داده است. خودروهای الکتریکی با مصرف الکتریسیته به‌عنوان نیروی پیشران و درنتیجه آن کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای سهم بسزایی در ایجاد هوای پاک در جوامع دارند. از سویی دیگر، ذخیره مازاد انرژی الکتریکی در باتری این خودروها می‌تواند به نحو دیگری مؤثر واقع شود. این باتری‌ها همانند واحدهای تولیدپراکنده قادرند با ذخیره‌سازی انرژی و تحویل آن به سیستم قدرت، بازدهی شبکه را افزایش دهند.

شرایط حضور خودروهای الکتریکی در شبکه قدرت از دو دیدگاه قابل‌بررسی می‌باشد. در دیدگاه اول مکان و میزان حضور خودروها در شبکه موردبررسی قرار می‌گیرد. برای استفاده حداکثری از خودروهای الکتریکی معمولاً آن‌ها به‌طور متمرکز در پارکینگ‌های مخصوص قرار می‌گیرند. درصورتی‌که مکان و ظرفیت بهینه پارکینگ‌ها به‌درستی تعیین شوند، تلفات خطوط، ولتاژ شبکه، قابلیت‌اطمینان سیستم و ... بهبود پیدا می‌کنند. عدم دقت در این انتخاب می‌تواند اثر معکوس داشته و باعث ایجاد اشکال در شبکه گردد. در مرجع [۱]، جایابی پارکینگ به‌منظور کاهش تلفات اکتیو و راکتیو صورت پذیرفته و سپس برنامه پیشنهادی بر روی شبکه ۳۰ باسه تست گردیده است. در مرجع [۲] این بار نویسندگان تأثیر واحدهای تولیدپراکنده را بر جایابی پارکینگ بررسی کرده و به کاهش تلفات پرداخته‌اند. نویسندگان مرجع [۳] مکان‌یابی پارکینگ را با هدف بهبود حاشیه امنیت ولتاژ، کاهش هزینه و پایداری ولتاژ انجام داده و نتایج این تحقیق را بر روی شبکه ۱۴ و ۳۰ باسه نشان داده‌اند. در مرجع [۴] جایابی پارکینگ بر اساس قابلیت‌اطمینان سیستم توزیع، کاهش تلفات و کاهش هزینه سرمایه‌گذاری صورت گرفته است.

آنچه در دیدگاه دوم بدان پرداخته می‌شود مسئله شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی می‌باشد که این برنامه‌ریزی می‌تواند با اهداف مختلف انجام شود. از مهم‌ترین این اهداف استفاده از خودروها در جهت سودرسانی به صاحبان آن‌ها و البته شبکه برق است. این خودروها توانایی آن را دارند که مانند یک بنگاه اقتصادی در خریدوفروش انرژی مشارکت داشته و از مزایای بازار برق بهره‌مند گردند. شارژ خودروها در زمان پایین بودن قیمت انرژی و دشارژ آن‌ها در زمان‌های مطلوب قیمتی، سود بالایی را برای صاحبان خودروها فراهم می‌آورد. از طرفی دیگر، شارژ و دشارژ می‌تواند با اهداف شبکه برق نیز تنظیم شود، به‌نحوی‌که در زمان کم مصرف و یا سایر زمان‌های مطلوب، خودرو انرژی را در باتری ذخیره کرده و سپس در زمان‌های پیک و یا شرایط خاموشی و خطا، دشارژ صورت پذیرد. در مرجع [۵] برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ با هدف کاهش تلفات و افزایش ضریب بار شبکه صورت گرفته است. در مرجع [۶] برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ به‌وسیله الگوریتم ژنتیک و با توجه به محدودیت حرارتی خطوط، محدودیت ولتاژ و الگوهای دسترسی پارکینگ بررسی شده است. نویسندگان مرجع [۷] برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ را بر اساس بار پیش‌بینی‌شده در محیط حساس به قیمت در شبکه‌های هوشمند مطالعه نموده‌اند. در مرجع [۸] به برنامه‌ریزی شارژ بهینه خودروهای الکتریکی در حضور سیستم فتوولتاییک و شبکه قدرت پرداخته شده است. مرجع [۹] نیز به ارائه یک مکانیزم شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی در چندین خانه با پارکینگ مشترک و در فضای خانه‌های هوشمند می‌پردازد.

در این مقاله از دیدگاه برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ به حضور خودروها پرداخته می‌شود. آنچه به‌عنوان هدف این برنامه‌ریزی مورد مطالعه قرار می‌گیرد، حداکثر سودرسانی پارکینگ با کمترین تلفات ممکن و کاهش مسافت پیموده شده خودروها تا پارکینگ است. ازآنجایی‌که این مبحث در حوزه بهره‌برداری انجام می‌شود، می‌توان پارامتر دیگری نیز به مسئله اضافه نمود و آن تعیین محدوده برای هر پارکینگ در ساعات مختلف، هم‌زمان با برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروها است [۱۰]. بدین ترتیب که پارکینگ خودروهای الکتریکی در ساعات مختلف، طی یک برنامه‌ریزی بهینه اقدام به پذیرش و یا عدم پذیرش از تعداد خاصی خودروهای مرجوعی به آن‌ها، خواهند نمود. سپس برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ پارکینگ‌ها با توجه به ظرفیت به‌دست‌آمده صورت می‌پذیرد. در این مقاله تعیین محدوده پارکینگ خودروهای الکتریکی هم‌زمان با برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروها با هدف ، بیش‌ترین سودرسانی پارکینگ با کمترین تلفات ممکن و نیز جلب رضایت صاحبان خودروها با کاهش مسافت پیموده شده تا پارکینگ مورد بررسی قرار می‌گیرد که تاکنون بدان پرداخته نشده است.

از طرفی دیگر، حضور خودروهای الکتریکی می‌تواند یکی از چالش‌های شبکه در کاهش خاموشی بارهای مهم مانند مراکز درمانی، امنیتی و اقتصادی را بهبود بخشد. این نوع بارها همواره با حساسیت خاصی تغذیه می‌شوند. بر خلاف سایر مشترکین، خسارت ناشی از قطع بار در بارهای مهم بسیار بالا بوده و نسبتاً غیرقابل‌جبران است. به همین خاطر کاهش خاموشی در بارهای حساس نیاز به توجه زیادی دارد. در ادامه این مقاله با استفاده از ظرفیت خودروها به کاهش خاموشی بارهای مهم پرداخته می‌شود.

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]

محدوده‌بندی پارکینگ و برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروها با هدف افزایش سودرسانی به صاحبان خودروها با کمترین تلفات ممکن سیستم، کاهش خاموشی بارهای مهم و نیز توجه به کاهش مسافت پیموده‌شده خودروها تا پارکینگ در کنار این اهداف، نوآوری‌های مطرح در این مقاله می‌باشند.

در ادامه مقاله و در بخش دوم به بیان مسئله، در بخش سوم و چهارم، نحوه مدل‌سازی احتمالاتی خودروهای الکتریکی و مصرف مشترکین، در بخش پنجم به بیان اهداف و در بخش ششم به چگونگی بهینه‌سازی مسئله پرداخته می‌شود. سپس در بخش هفتم شبیه‌سازی و نتایج ارائه شده و درنهایت در بخش پایانی نتیجه‌گیری حاصل می‌گردد.

۲- بیان مسئله

پس از مکان‌یابی و ساخت پارکینگ، آنچه در مرحله بهره‌برداری مهم است، برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی می‌باشد. منظور از برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ تعیین مقدار توان ذخیره‌شده در باتری خودروها و یا میزان توان تزریقی به شبکه توسط خودروها در ساعات بهره‌برداری است. در این نوع مسائل، معمولاً به دلیل کنترل متمرکز خودروها از پارکینگ استفاده می‌شود، به همین دلیل برای برنامه‌ریزی باید میزان شارژ و دشارژ پارکینگ‌ها به دست آید.

در این مقاله میزان شارژ و دشارژ پارکینگ‌ها تابع تعداد خودروهای الکتریکی در هر پارکینگ بوده که این تعداد در ساعات مختلف متفاوت است. بسته به اینکه هر خودرو در چه منطقه‌ای قرار دارد، پارکینگ انتقال خودرو مشخص می‌شود. مناطق مربوط به هر پارکینگ از متغیرهای مسئله بوده که به همراه میزان شارژ و دشارژ پارکینگ‌ها از مسئله بهینه‌سازی به دست می‌آید. برای این کار ابتدا مقصد هر خودرو در هر بازه، ساعت خروج از مقصد و مدت‌زمان عدم حضور در پارکینگ با استفاده از مدل‌های احتمالاتی بدست می‌آید. سپس با استفاده از مسئله بهینه‌سازی و با توجه به اهداف تعیین‌شده، برای هر پارکینگ یک محدوده در هر ساعت پیشنهاد می‌شود. خودروها با توجه به محدوده هر پارکینگ و نیز مقصد خود در زمان‌های مختلف، به پارکینگ صحیح مراجعه می‌نمایند. به‌طور هم‌زمان با تعیین محدوده، نرخ شارژ و دشارژ هر پارکینگ توسط مسئله بهینه تعیین و با توجه به تعداد خودروها در هر پارکینگ، میزان توان تزریقی به شبکه و یا تحویلی به پارکینگ بدست می‌آید[۱۰].

نحوه شارژ و دشارژ خودروها نیز بدین صورت است که در هر ساعت شارژ، انرژی در باتری خودرو الکتریکی ذخیره و یا در صورت دشارژ ، مقدار دشارژ از سطح انرژی باتری کم می‌شود. در هنگام خروج خودرو از پارکینگ، سطح شارژ باتری[۳] (SOC) همانند سایر ساعات مشخص بوده و میزان افت شارژ باتری در مدت‌زمان عدم حضور نیز مدل‌سازی می‌شود. درنتیجه خودرو هنگام ورود به پارکینگ بعدی دارای SOC مشخص با توجه به ساعات قبل و مسافت پیموده شده در خارج پارکینگ است.

بسته به وضعیت توان تزریقی و یا تحویلی، اهداف مسئله ارزیابی شده و محاسبه می‌گردند. همان‌طور که مشخص گردید متغیرهای مسئله محدوده پارکینگ خودروهای الکتریکی و میزان شارژ و دشارژ پارکینگ‌ها می‌باشند که در هر پاسخ کاندید و بسته به ارزیابی صورت گرفته، یک ارزش برای حالت کاندید بدست می‌آید. با جستجو در فضای حالات کاندید، پاسخ نهایی حاصل می‌گردد.

آنچه مسلم است فضای مسئله از نوع مدیریت انرژی بوده و در نتیجه وضعیت مصرف و ذخیره‌سازی در خودروها در زمان‌های مختلف به هم وابسته می‌باشد.

۳- مدل احتمالاتی رفتار خودروهای الکتریکی

رفتار خودروهای الکتریکی را می‌توان با استفاده از قضیه حد مرکزی تحلیل نمود.

قضیه حد مرکزی: درصورتی‌که X_1 ، ... و X_n متغیرهای تصادفی مستقل با تابع توزیع احتمالاتی متفاوت باشند، مجموع آن‌ها، یعنی $X_1+X_2+\ldots+X_n$ ، برای nهای بزرگ دارای تابع توزیع احتمال نرمال خواهد بود [۱۰].

با توجه به قضیه حد مرکزی و با این فرض که صاحبان خودرو رفتاری مشابه دارند، زمان خروج از پارکینگ با استفاده از رابطه ۱ بدست می‌آید.

$$T_{exit} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{exit}} EXP\left(\frac{-\left(x-\mu_{exit}{}^2\right)}{2\sigma_{exit}{}^2}\right) \quad (۱)$$

که در آن T_{exit} زمان خروج از پارکینگ، μ_{exit} میانه و σ_{exit} انحراف معیار می باشد.

بر همین اساس، مدت‌زمان عدم حضور در پارکینگ را می‌توان به‌صورت رابطه ۲ مدل نمود.

$$T_{\Delta} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\Delta}} EXP\left(\frac{-\left(x-\mu_{\Delta}{}^2\right)}{2\sigma_{\Delta}{}^2}\right) \quad (۲)$$

که در آن T_{Δ} مدت‌زمان عدم حضور در پارکینگ، μ_{Δ} میانه و σ_{Δ} انحراف معیار می‌باشد.

این عدم حضور می‌تواند به علت‌های مختلف ازجمله ترافیک، خریدهای کوتاه‌مدت و ... باشد، به عبارت بهتر، در این مسئله فرض شده است که خودروها برای مدت‌زمان کافی در پارکینگ قرار می‌گیرند و برای حالاتی که زمان توقف و انجام کار کوتاه است، با عدم حضور در پارکینگ مدل می‌شوند.

از آنجایی میزان شارژ و دشارژ به سطح شارژ خودروها در هنگام مراجعه به پارکینگ مربوط است و همچنین این سطح شارژ، تابع مسافت پیموده شده خودرو می‌باشد باید در هنگام ورود خودرو به

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]

پارکینگ، مسافت طی شده و سطح شارژ باقی‌مانده، محاسبه گردد. برای این کار با استفاده از مرجع [۱۱] مسافت پیموده شده خودرو به‌صورت احتمالاتی به‌صورت رابطه ۳ بدست می‌آید.

$$x_{Dis} = e^{(\mu_d + \sigma_d N)} \quad (۳)$$

$$\mu_d = \ln\left(\frac{{\mu_{dis}}^2}{\sqrt{{\mu_{dis}}^2 + {\sigma_{dis}}^2}}\right) \quad (۴)$$

$$\sigma_d = \sqrt{\ln\left(\frac{{\mu_{dis}}^2 + {\sigma_{dis}}^2}{{\mu_{dis}}^2}\right)} \quad (۵)$$

که در آن x_{Dis} مسافت پیموده شده در خارج از پارکینگ، N عدد تصادفی نرمال شده و μ_{dis} و σ_{dis} میانه و انحراف معیار میزان حرکت خودروها با توجه به داده‌های گذشته است.

سطح انرژی باتری در هنگام ورود به پارکینگ با توجه به رابطه ۶ حاصل می‌شود.

$$SOC = \mathrm{SOC}_{exit} - x_{Dis} \times \mathrm{E_{Dis}} \quad (۶)$$

در این رابطه SOC سطح شارژ خودرو در هنگام مراجعه به پارکینگ، SOC_{exit} سطح شارژ در هنگام خروج از پارکینگ قبلی، x_{Dis} مسافت پیموده شده و $\mathrm{E_{Dis}}$ میزان انرژی مورداستفاده در هر واحد مسافت است.

همان‌طور که در مدل ارائه‌شده مشخص است، تمامی رفتار خودروها به‌صورت احتمالاتی بدست می‌آید. بدین ترتیب که ابتدا برای هر یک از خودروها، به کمک تابع توزیع یکنواخت یک مکان اولیه حضور بدست می‌آید. این مکان‌ها، مکان هر باس در نظر گرفته شده است. سپس دو بار در بازه بهره‌برداری و به‌صورت احتمالاتی، زمان‌های خروج از پارکینگ و مدت‌زمان‌های عدم حضور در یک مکان مشخص، با استفاده از تابع توزیع نرمال با میانه و انحراف معیارهای تعریف‌شده، بدست می‌آیند. در هر یک از این عدم حضورها، میزان افت باتری ناشی از مسافت طی‌شده به‌صورت احتمالاتی با استفاده از روابط ۳ تا ۵، محاسبه می‌شود. درنتیجه میزان شارژ باقی‌مانده خودروها در هنگام ورود به پارکینگ‌های بعدی بدست خواهد آمد. مکان مراجعه هر خودرو نیز پس از هر بار خروج با استفاده از تابع توزیع یکنواخت مشخص می‌گردد. بدین ترتیب وضعیت احتمالاتی هر خودرو در هر ساعت به‌طور کامل تعیین می‌شود.

۴- مدل رفتار مشترکین شبکه برق

برای رفتار مشترکین مدل‌های مختلفی می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد که در این مقاله مدل تابع توزیع نرمال انتخاب شده است.

$$P_D = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} EXP\left(\frac{-\left(x-\mu^2\right)}{2\sigma^2}\right) \quad (۷)$$

P_D در رابطه بالا میزان مصرف و μ و σ میانه و انحراف از معیار هستند.

بدین ترتیب برای هریک از ساعات بهره‌برداری با استفاده میانه و انحراف معیار مشخص، بار مشترکین مختلف شبکه بدست می‌آید.

۵- اهداف مسئله

در این مسئله اهداف متفاوتی می‌تواند موردبررسی قرار گیرد که در این مقاله با توجه به اهمیت سودرسانی، تلفات شبکه، جلب رضایت صاحبان خودروها و نیز کاهش خاموشی بارهای مهم، به این اهداف پرداخته شده است.

۵-۱- حداکثر سودرسانی به صاحبان خودروها

ازآنجایی‌که در این طرح، مشارکت دوطرفه بین صاحبان خودرو و شرکت برق وجود دارد، باید از نظر اقتصادی منافع هر دو طرف برآورده شود. برای صاحبان خودرو درآمد اقتصادی از طریق خریدوفروش انرژی در بازه‌های مختلف قیمتی بدست می‌آید. هرچه میزان سود دریافتی از این بازار بیشتر باشد، استقبال بیشتری از طرح‌های پیشنهادی صورت خواهد گرفت.

$$C_{profit} = C_{sell} - C_{Buy} \quad (۸)$$

که در آن C_{profit} درآمد خریدوفروش پارکینگ، C_{sell} هزینه فروش انرژی و C_{Buy} هزینه خریداری انرژی می‌باشد

۵-۲- کاهش تلفات

شرکت برق علاوه بر سهیم بودن در درآمد خریدوفروش انرژی، می‌تواند با بهینه‌سازی مناسب، تلفات به وجود آمده در شبکه به علت شارژ خودروها را نیز کاهش دهد. باید در نظر داشت که با ذخیره‌سازی توان در خودروها، بار شبکه افزایش پیدا کرده و در نتیجه آن، تلفات خطوط افزایش می‌یابد. حال باید این بهینه‌سازی به نحوی صورت گیرد که با شارژ خودروها تلفات خطوط تا حد ممکن کم باشد.

$$\mathrm{P_{loss}} = \sum_{i,j=1}^{n} (\mathrm{R_{ij}} \times |\mathrm{I_{ij}}|^2) \quad i \neq j \quad (۹)$$

که در این رابطه $\mathrm{R_{ij}}$ مقاومت بین خطوط می‌باشد.

۵-۳- کاهش مسافت پیموده شده خودروها

در طرح‌های پیشنهادی که در آن‌ها خودروهای الکتریکی حضور دارند، به علت مشارکت عوامل انسانی مانند صاحبان خودروها، باید مباحث ویژه مربوط به آن‌ها موردتوجه قرار گیرد. ازجمله این مباحث رفتار گزینشی صاحبان خودرو است که انتخاب می‌کند در طرح‌های پیشنهادی شرکت کند یا خیر. صاحبان خودروها تمایل دارند در طرح‌هایی شرکت کنند که نیاز به جابه‌جایی بالای خودرو از مقصدشان نداشته و فاصله پارکینگ تا مکان مقصد آن‌ها کم باشد. به همین خاطر باید مسافت پیموده‌شده توسط خودروها تا پارکینگ، در تابع هدف

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]

مسئله مدنظر قرار گیرد. این هدف با توجه به مرجع [۱۰] به‌صورت رابطه ۹ مدل‌سازی می‌شود.

$$Distance = \sum_{j}^{npark} \sum_{i}^{nveh} \left(x_{vehicle_{ij}} \right)^2 \quad (۱۰)$$

$Distance$ شاخص مسافت طی شده خودروها، $x_{vehicle_{ij}}$ مسافت خودرو iام تا پارکینگ jام، $npark$ تعداد پارکینگ‌ها و $nveh$ تعداد خودروها است.

۵-۴- کاهش خاموشی بارهای حساس

برای کاهش خاموشی در بارهای حساس با توجه به مرجع [۱۲]، آن دسته از خطاهایی مدل می‌گردد که باعث قطع تغذیه در این نوع بارها شوند.

$$SAIDI_{im\ Bus} = \frac{\sum_{j \in D} r_j N_j}{N_T} \quad (۱۱)$$

$$SAIFI_{im\ Bus} = \frac{\sum_{j \in D} \lambda_j N_j}{N_T} \quad (۱۲)$$

که در رابطه بالا $SAIDI_{im\ Bus}$ شاخص متوسط زمانی خاموشی بارهای مهم، $SAIFI_{im\ Bus}$ شاخص متوسط تکرار خاموشی بارهای مهم و D مجموعه خطاهایی که سبب قطع بارهای مهم می‌شوند، است.

۶- روش بهینه‌سازی

به‌منظور جستجو در میان پاسخ‌های کاندید، روش‌های مختلفی می‌تواند بکار گرفته شود که در این مقاله از روش‌های هوش محاسباتی برای حل مسئله استفاده شده است. از میان روش‌های هوش محاسباتی، از الگوریتم‌های ازدحام ذرات (PSO[۴])، ژنتیک (GA[۵]) و جستجوی گرانشی (GSA[۶]) برای رسیدن به پاسخ نهایی بهره‌گیری و سپس دقت و سرعت این سه الگوریتم با یکدیگر مقایسه می‌شود. متغیرهای مسئله در این بهینه‌سازی‌ها، محدوده هر پارکینگ و نیز نرخ شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی می‌باشد. پس از انتخاب متغیرهای مسئله، باید برای هر حالت کاندید یک ارزش تعریف گردد. این ارزش با توجه اهداف مسئله - تلفات، سودرسانی و مسافت پیموده شده تا پارکینگ- تعیین می‌شود. به علت تنوع در اهداف، از تئوری فازی برای ترکیب اهداف مسئله کمک گرفته شده است. در توابع عضویت فازی، ارزش هر هدف با یک مقدار مینیمم و ماکزیمم از همان جنس مقایسه و سپس یک مقدار بدون واحد به آن پاسخ، داده می‌شود. پس از ارزش‌گذاری هر هدف، مقادیر بدون واحد با یکدیگر ترکیب و درنهایت ارزش نهایی پاسخ کاندید به وجود می‌آید.

$$G_1 = C_{Profit} \quad (۱۳)$$

$$G_2 = P_{Losses} \quad (۱۴)$$

$$G_3 = \text{Distance} \quad (۱۵)$$

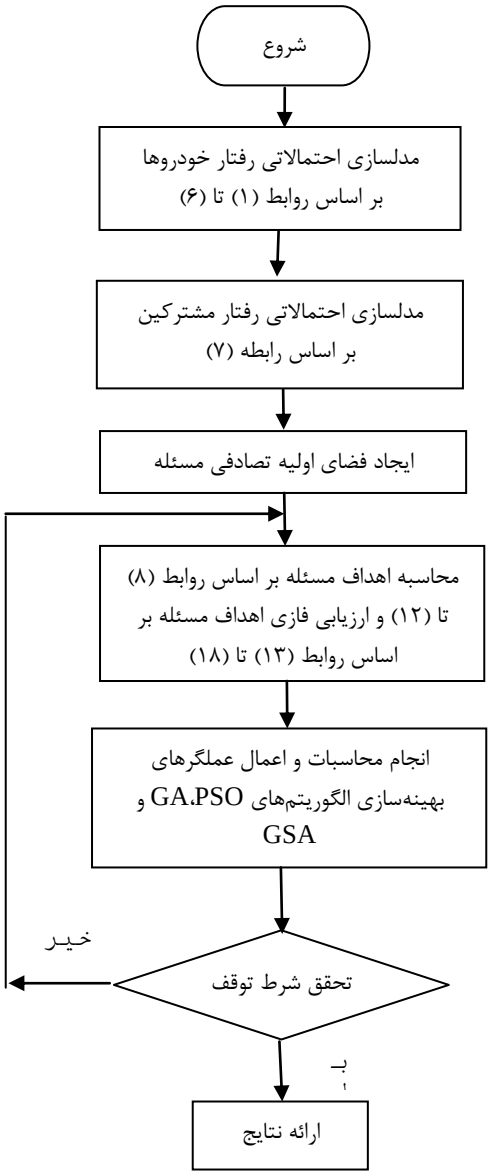
$$G_4 = SAIDI_{im\ Bus} \quad (۱۶)$$

$$G_5 = SAIFI_{im\ Bus} \quad (۱۷)$$

$$Min\ \ Value = \sum_{i}^{n} \alpha_i \mu_i^{\,2} \left(G_i \right) \quad (۱۸)$$

که در آن، G_i هدف iام، μ_i تابع عضویت فازی و α_i ضرایب اهمیت هدف می‌باشند.

در ادامه شکل ۱، الگوریتم پیاده‌سازی مسئله را نمایش می‌دهد.



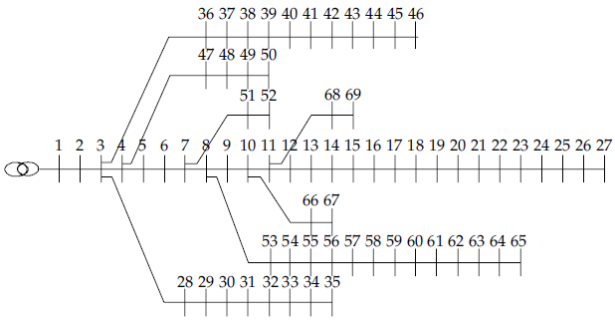
شکل (۱): الگوریتم اجرای برنامه

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]

۷- شبیه‌سازی و نتایج

به‌منظور بررسی مسئله پیشنهادی و اعتباربخشی به آن، به شبیه‌سازی و ارائه نتایج بر روی شبکه ۶۹ باسه IEEE با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نسخه ۲۰۱۵پرداخته می‌شود. شکل ۲ نمای این شبکه را نمایش می‌دهد[۱۳].



شکل (۲):شبکه تست نمونه [۱۳]

مدل بار مصرفی این شبکه با توجه به بخش ۴ احتمالاتی بوده و میانه آن با توجه به مرجع [۱۰] برابر حداکثر بار پیک شبکه قرار داده شده است. خودروهای مورداستفاده در این شبکه از نوع شورولت بوده و حداکثر توان شارژ و دشارژ آن ۵ کیلووات در نظر گرفته شده است. تعداد خودروهای الکتریکی در این مقاله ۳۰۰ و ظرفیت آن‌ها با توجه به مرجع [۱۴] ۱۶ کیلووات‌ساعت فرض می‌شود. برای جلوگیری از کاهش عمر باتری‌ها، یک سطح حداقلی برای شارژ و دشارژ در نظر گرفته شده است که باتری خودروهای الکتریکی، بیش از آن، امکان شارژ نخواهند داشت.

با توجه به اینکه در این مقاله تمرکز اصلی بر برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی می‌باشد، مکان پارکینگ‌ها به‌صورت مکان قراردادی در نظر گرفته شده است که اطلاع از این مکان نیز به‌صورت دانش قبل از اجرای طرح است. به‌عبارت‌دیگر، جایابی پارکینگ بایستی در طرح‌های قبل از این مسئله انجام گرفته و نتایج آن به‌صورت داده ورودی در برنامه لحاظ گردد. این جایابی مکان پارکینگ می‌تواند بر اساس شرایط ترافیکی، الکتریکی و یا غیره باشد .در این مقاله فرض می‌شود مکان پارکینگ‌ها در باس ۲۷، ۴۶ و ۶۵ قرار دارد. مدت برنامه‌ریزی ۲۴ ساعت در نظر گرفته می‌شود. در طول مدت‌زمان برنامه‌ریزی خودروها به‌صورت احتمالاتی در سه نوبت در مکان‌های مختلف قرار می‌گیرند. این سه نوبت، توقف‌های کوتاه‌مدت را شامل نمی‌شوند. توقف‌های با مدت زمان کم به‌صورت عدم‌حضور در پارکینگ مدل شده‌اند[۱۰]. سپس با توجه به محدوده پارکینگ بدست‌آمده از برنامه بهینه‌سازی، به پارکینگ موردنظر هدایت می‌شوند. بار مهم در این مقاله یک مرکز درمانی در باس ۲۵ می‌باشد.

در ادامه شبیه‌سازی در دو سناریو اجرا می‌شود. در سناریو اول محدوده بندی پارکینگ و برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ بدون توجه به حضور بارهای مهم و در سناریو دوم با بررسی تأثیر بارهای حساس صورت می‌گیرد.

الف: سناریو اول: محدوده بندی پارکینگ و برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی با اهداف تعیین‌شده و بدون توجه به حضور بارهای مهم

با اجرای برنامه بهینه‌سازی الگوریتم ازدحام ذرات، محدوده هر پارکینگ در ساعات مختلف بهره‌برداری به‌صورت جدول ۱بدست می‌آید. در این جدول، باس‌های مرزی، مشخص‌کننده مرز میان محدوده هر پارکینگ در ساعات مختلف بهره‌برداری می‌باشند.

جدول (۱): محدوده بهینه برای هر پارکینگ در ساعات بهره‌برداری در سناریو اول

باس‌های مرزی	شماره پارکینگ	ساعت بهره‌برداری
۱-۷-۱۰	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت اول
۱-۲۴-۴۵	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت دوم
۱-۱۵-۶۱	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت سوم
۱-۱۰-۶۰	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت چهارم
۱-۱۰-۵۵	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت پنجم
۱-۱۰-۵۶	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت ششم
۱-۱۷-۵۳	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت هفتم
۱-۱۹-۵۷	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت هشتم
۱-۱۵-۶۴	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت نهم
۱-۶-۱۳	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت دهم
۱-۱۰-۶۱	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت یازدهم
۱-۱۰-۴۰	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت دوازدهم
۱-۱۶-۵۸	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت سیزدهم
۱-۷-۵۹	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت چهاردهم
۱-۲۱-۵۳	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت پانزدهم
۱-۱۰-۵۶	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت شانزدهم
۱-۱۰-۵۳	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت هفدهم
۱-۵-۵۳	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت هجدهم
۱-۶-۵۹	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت نوزدهم
۱-۷-۱۴	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیستم
۱-۷-۱۸	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیست و یکم
۱-۲۵-۴۰	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیست و دوم
۱-۶-۱۵	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیست و سوم
۱-۱۰-۵۳	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیست و چهارم

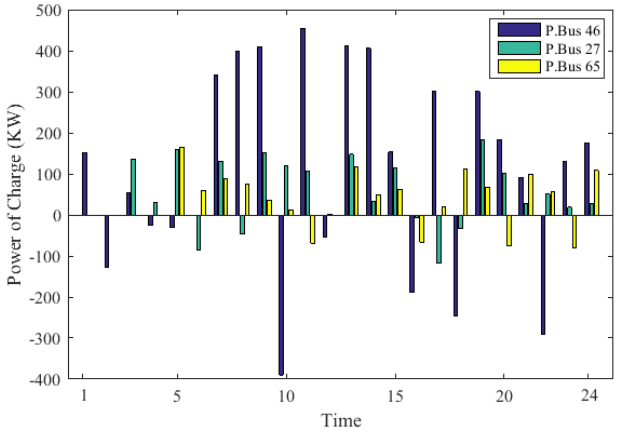
در روش پیاده‌سازی بکارگرفته شده در این مقاله، هر باس مرزی، جداکننده مناطق مختلف است، به‌طوری‌که سه مرز مشخص‌شده در جدول نتایج، به‌عنوان نقاط جدایی مناطق در نظر گرفته می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر، سه باس مرزی، کل مناطق (مربوط به شبکه تست) را به سه قسمت مختلف تقسیم می‌کنند. بدین ترتیب، خودروهای قرارگرفته‌شده در هر منطقه به یک پارکینگ منتقل می‌شوند. این پارکینگ به نحوی انتخاب می‌شود که نزدیک‌ترین مسافت را نسبت به همه خودروهای منطقه موردنظر داشته باشد.

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]

برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ پارکینگ‌ها در ساعات مختلف نیز که از اجرای این برنامه شبیه‌سازی بدست آمده، در شکل ۳ قابل‌مشاهده می‌باشد.

در این نمودار میزان شارژ و دشارژ هر پارکینگ مشخص شده است. رنگ بنفش میزان شارژ و دشارژ پارکینگ قرارگرفته در باس ۴۶، رنگ سبز مربوط به پارکینگ ۲۷ و رنگ زرد مشخص‌کننده وضعیت شارژ و دشارژ پارکینگ باس ۶۵ می‌باشد. مقادیر بالای نمودار مربوط به شارژ و مقادیر پایین نمودار نشان‌دهنده میزان دشارژ پارکینگ است.



شکل (۳): میزان بهینه شارژ و دشارژ پارکینگ خودروهای الکتریکی

بر اساس محدوده و برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ صورت گرفته، وضعیت شاخص اهداف در جدول ۲ بیان شده است.

جدول (۲): وضعیت اهداف مسئله در سناریو اول با استفاده از الگوریتم ازدام ذرات

شاخص	متوسط تلفات	شاخص مسافت	شاخص سودرسانی	$SAIFI_{im}$	$SAIDI_{im}$
	۲۳۱kw	۱۲۸۶۳۴	۳۸۶۹	۰/۳۱۶۴	۵/۶۰۲۹

متوسط تلفات در جدول ۲ از متوسط گیری انرژی تلف‌شده در ۲۴ ساعت بهره‌برداری بدست آمده است. ازآنجایی‌که در روش فازی ارزش هر هدف در مقایسه با یک مقدار مینیمم و ماکزیمم از جنس همان هدف بدست می‌آید، به همین دلیل در این مسئله، شاخص مسافت و شاخص سودرسانی در جدول ۲ بدون واحد و به‌صورت پارامتری، بر اساس واحد نرمال شده مسافت و قیمت نرمال شده انرژی، تعریف شده و بسته به ارزش هر واحد خریدوفروش انرژی و نیز هر واحد مسافت، قابل ارزش‌گذاری عددی خواهند بود. شاخص‌های $SAIFI_{im}$ و $SAIDI_{im}$ نیز میانگین خاموشی بارهای مهم را در بازه بهره‌برداری نشان می‌دهند.

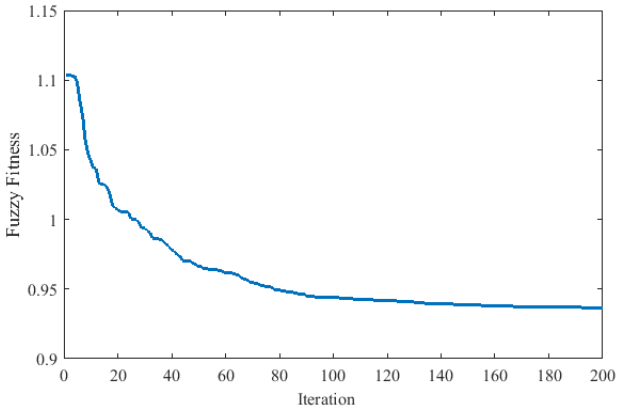
به خاطر اینکه در این سناریو اهداف مربوط به بار حساس لحاظ نشده است، پیش‌بینی می‌شود با توجه به اضافه شدن بار شارژ خودروهای الکتریکی، وضعیت شاخص خاموشی در مناطق حضور بارهای مهم افزایش یابد که جدول ۳ نیز بر اساس نتایج شبیه‌سازی این فرضیه را اثبات می‌کند.

جدول (۳): وضعیت بهبود میانگین شاخص‌های خاموشی بارهای حساس در سناریو اول

	$SAIFI_{im}$	$SAIDI_{im}$
وضعیت اولیه	۰/۳۱۴۳	۵/۴۹۳۳
وضعیت سناریو اول	۰/۳۱۶۴	۵/۶۰۲۹
وضعیت (٪)	-٪۰/۶۷	-٪۲

بر طبق نتایج با ورود خودروهای الکتریکی به دلیل ماهیت شارژی آن، وضعیت میانگین شاخص $SAIFI_{im}$ ، ۰/۶۷- درصد و میانگین شاخص $SAIDI_{im}$ ، ۲- درصد نسبت به حالت اولیه رشد عکس داشته است که این نشان می‌دهد عدم توجه به حضور بارهای حساس می‌تواند نتایج بسیار بدی به همراه داشته باشد.

شکل ۴ نمودار همگرایی الگوریتم ازدحام ذرات در ترکیب الگوریتم فازی را نشان می‌دهد.



شکل (۴)، نمودار همگرایی الگوریتم ازدحام ذرات در سناریو اول

ب: سناریو دوم: محدوده بندی پارکینگ و برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروها با بررسی تأثیر حضور بارهای مهم

در این سناریو با ورود بار حساس در باس ۲۵، مجدداً شبیه‌سازی‌ها اجرا می‌گردد. به‌منظور اطمینان از صحت نتایج، از سه الگوریتم ازدحام ذرات، ژنتیک و جستجوی گرانشی استفاده و نتایج از نظر سرعت و دقت با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

جدول ۴ نتایج اجرای سه الگوریتم ازدحام ذرات، ژنتیک و جستجوی گرانشی را در این سناریو نشان می‌دهد. شاخصی که برای سرعت در نظر گرفته شده است، تکرار همگرایی بوده که منظور از این شاخص تکراری است که در آن سه رقم پس از اعشار پاسخ نهایی هر الگوریتم، ثابت شده است. برای شاخص دقت نیز بهبود پاسخ نهایی انتخاب گردیده است.

الگوریتم	ارزش فازی پاسخ	تکرار همگرایی
PSO	۲/۷۴۸	۱۹۱
GA´	۲/۸۴۵	۱۹۷
GSA	۲/۹۹۴	**۱۲**

با بررسی نتایج جدول ۴ مشخص می‌شود که در میان سه الگوریتم ازدحام ذرات، ژنتیک و جستجوی گرانشی، الگوریتم ازدحام

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]

ذرات بهترین دقت را داشته است. در این میان، الگوریتم ژنتیک رتبه دوم و الگوریتم جستجوی گرانشی رتبه سوم را دارد.

از نظر سرعت نیز علیرغم اینکه الگوریتم جستجوی گرانشی دقت خوبی در میان این سه الگوریتم ندارد، اما سرعت همگرایی بالایی داشته، به‌طوری‌که در تکرار ۱۲ همگرا شده است. پس‌ازآن، الگوریتم ازدحام ذرات و سپس الگوریتم ژنتیک بهترین سرعت‌ها را دارا می‌باشند.

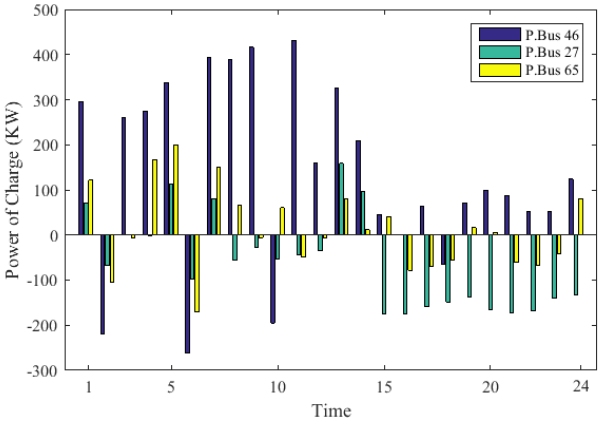
درصورتی‌که سرعت و دقت ملاک ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها قرار گیرد، الگوریتم ازدحام ذرات از میان سه الگویتم پیشنهادی در این سناریو، با رتبه اول در دقت و رتبه دوم در سرعت، بهترین عملکرد را خواهد داشت.

درنتیجه با انتخاب نتایج الگوریتم ازدحام ذرات برای حل مسئله بهینه‌سازی، محدوده هر پارکینگ در ساعات مختلف بهره‌برداری در حضور باس‌های حساس به‌صورت جدول ۵ بدست می‌آید.

جدول (۵): محدوده بهینه برای هر پارکینگ در ساعات بهره‌برداری در سناریو دوم

باس‌های مرزی	شماره پارکینگ	ساعت بهره‌برداری
۱-۷-۱۳	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت اول
۱-۲۴-۵۶	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت دوم
۱-۱۵-۵۷	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت سوم
۱-۲۳-۵۶	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت چهارم
۱-۱۸-۵۷	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت پنجم
۱-۱۷-۵۶	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت ششم
۱-۱۳-۵۵	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت هفتم
۱-۷-۵۶	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت هشتم
۱-۷-۱۰	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت نهم
۱-۱۰-۵۹	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت دهم
۱-۶-۶۱	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت یازدهم
۱-۶-۵۷	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت دوازدهم
۱-۷-۵۶	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت سیزدهم
۱-۶-۵۵	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت چهاردهم
۱-۶-۶۲	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت پانزدهم
۱-۷-۱۴	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت شانزدهم
۱-۳۹-۶۳	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت هفدهم
۱-۵-۵۴	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت هجدهم
۱-۳۷-۶۲	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت نوزدهم
۱-۶-۶۱	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیستم
۱-۶-۵۵	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیست و یکم
۱-۶-۵۹	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیست و دوم
۱-۱۵-۶۱	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیست و سوم
۱-۷-۵۴	۲۷-۴۶-۶۵	ساعت بیست و چهارم

در این بهینه‌سازی برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ پارکینگ‌ها با توجه به محدوده بدست آمده و در ساعات مختلف در شکل ۵ قابل‌مشاهده می‌باشد.



شکل (۵)، میزان بهینه شارژ و دشارژ پارکینگ خودروهای الکتریکی

بر اساس محدوده و برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ صورت گرفته، وضعیت شاخص اهداف در حضور بارهای مهم مطابق جدول ۶ می‌باشد.

جدول (۶): وضعیت اهداف مسئله در سناریو دوم

شاخص	متوسط تلفات	شاخص مسافت	شاخص سودرسانی	$SAIFI_{im}$	$SAIDI_{im}$
	۲۲۳kw	۱۳۹۳۴۲	۲۲۵۴	۰/۲۸۹۸	۵/۱۳۴۳

همان طور که بیان گردید متوسط تلفات از متوسط گیری انرژی تلف‌شده در ۲۴ ساعت بهره‌برداری بدست آمده و شاخص مسافت و شاخص سودرسانی به صورت پارامتری و نرمال شده می‌باشند. آن طور که از نتایج جدول ۵ برمی‌آید شاخص مسافت و شاخص سودرسانی نسبت به سناریو قبل بهبود کمتری پیدا نموده‌اند که این به دلیل سوق اهداف به سمت کاهش خاموشی بارهای حساس است. شاخص‌های خاموشی نیز به صورت میانگین در زمان بهره‌برداری، تعریف شده‌اند.

جدول ۷ وضعیت بهبود میانگین شاخص‌های خاموشی در باهای مهم را نشان می‌دهد. انتظار می‌رود با لحاظ کردن تأثیر بارهای حساس بر مسئله، شاخص‌های خاموشی عملکرد بهتری را نسبت به سناریو قبل از خود نشان دهند.

جدول(۷): وضعیت بهبود میانگین شاخص‌های خاموشی بارهای حساس در سناریو دوم

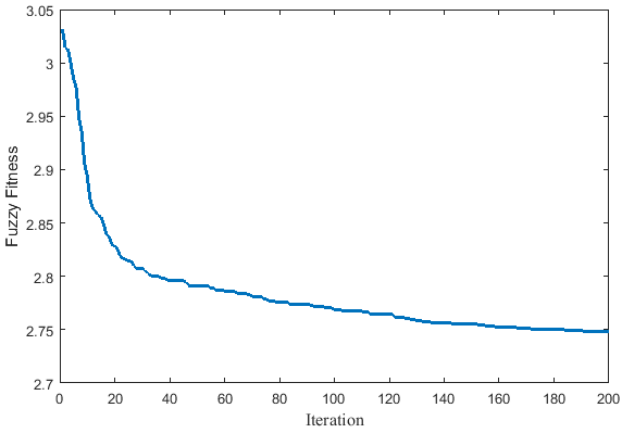
	$SAIFI_{im}$	$SAIDI_{im}$
وضعیت اولیه	۰/۳۱۴۳	۵/۴۹۳۳
وضعیت سناریودوم	۰/۲۸۹۸	۵/۱۳۴۳
وضعیت (٪)	٪۷/۸	٪۶/۵

با انجام شبیه‌سازی میانگین شاخص‌های خاموشی رشد ۷/۸ درصدی و ۶/۵ درصدی را نسبت به حالت اولیه خواهند داشت.

شکل ۶ نمودار همگرایی الگوریتم ازدحام ذرات در ترکیب الگوریتم فازی در این سناریو را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]



شکل (۶)، نمودار همگرایی الگوریتم ازدحام ذرات در سناریو دوم

ج - مقایسه دو سناریو

وجود خودروهای الکتریکی به طور ذاتی پتانسیل بسیار بالایی در حل چالش‌های پیش روی سیستم دارد. اما چنانچه بدون برنامه‌ریزی از این فن‌آوری استفاده شود، ممکن است باعث ایجاد مشکلات مضاعف گردد. با توجه به جداول ۳و ۶، آنچه از بررسی نتایج دو سناریو بر می‌آید این است که با ورود خودروها الکتریکی درصورتی که حضور بارهای حساس نادیده گرفته شود، می‌تواند خاموشی را در مناطق وجود این نوع بارها افزایش دهد. در صورتی که با تأثیر دادن اهداف مرتبط با این نوع بارها در مدل‌سازی مسئله، نه تنها شاهد افزایش خاموشی نبوده بلکه در مناطق مذکور شاخص‌های خاموشی کاهش خواهد یافت. جدول ۸ نتایج مربوط به مقایسه دو سناریو را نشان می‌دهد.

جدول (۸)، مقایسه وضعیت شاخص‌ها در سناریوهای اول و دوم

میانگین شاخص	$SAIDI_{im}$	$SAIFI_{im}$
سناریو اول	۵/۶۰۲۹	۰/۳۱۶۴
سناریو دوم	۵/۱۳۴۳	۰/۲۸۹۸
میزان بهبود(درصد)	٪۸/۳۶	٪۸/۴۱

با توجه به جدول ۸، شاخص‌های خاموشی در سناریو دوم رشد ۸/۳۶ درصدی و ۸/۴۱ درصدی نسبت به سناریو اول داشته‌اند.

۸- نتیجه‌گیری

خودروهای الکتریکی نوعی از ذخیره‌سازهای انرژی هستند که با کمترین هزینه سرمایه‌گذاری، خدمات بسیاری را برای شرکت برق فراهم می‌آورند. ازآنجایی‌که هزینه خرید این دستگاه‌ها توسط صاحبان آن‌ها و برای حمل‌ونقل پرداخته شده، استفاده از خودروها در شبکه برق بهره‌وری اقتصادی بالایی را برای شرکت دارد. برای ایجاد انگیزه در صاحبان خودروها جهت مشارکت در طرح‌های شرکت برق باید مطلوبیت کافی به وجود آورده شود. این کار از طریق ایجاد بازار خریدوفروش انرژی حاصل می‌گردد.

در این مقاله صاحبان خودروها با شرکت در طرح‌های پیشنهادی مبادرت به خریدوفروش انرژی و بهره‌مندی از مزایای بازار می‌کنند. به علت اینکه این خودروها برای شرکت در بازار به‌منظور کنترل بهتر باید در پارکینگ‌های مخصوص قرار گیرند، به‌ناچار مسافتی تا رسیدن به پارکینگ توسط خودرو طی می‌شود. برنامه پیشنهادی این مقاله به نحوی است که این فاصله را تا حد ممکن کاهش می‌دهد. از طرفی برای جلوگیری از افزایش تلفات به سبب شارژ خودروها، در این مقاله هدف کاهش تلفات نیز در برنامه بهینه‌سازی قرار داده شده است. برای رسیدن به این اهداف، باید برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ به‌صورت بهینه انجام گردد. این برنامه‌ریزی تابع تعداد خودروهای موجود در هر پارکینگ است. در این مقاله با بهینه‌سازی محدوده هر پارکینگ در ساعات مختلف بهره‌برداری و نیز نرخ شارژ و دشارژ پارکینگ‌ها به افزایش سودرسانی صاحبان خودرو و شرکت با کمترین تلفات و نیز جلب رضایت صاحبان خودروها با کاهش مسافت پیموده شده تا پارکینگ پرداخته شده است. در ادامه تأثیر حضور بارهای مهم بر محدوده بهینه پارکینگ و برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی بررسی شده است. بر طبق نتایج بدست آمده، عدم توجه به حضور بارهای حساس می‌تواند مشکلات این نوع بارها را در حضور خودروهای الکتریکی تشدید نماید.

جستجوی فضای مسئله در این مقاله با استفاده از الگوریتم‌های ازدحام ذرات، ژنتیک و جستجوی گرانشی در ترکیب با الگوریتم فازی انجام گردیده است.

مراجع

[1] Moradijoz, M., and Parsa Moghaddam, M., "Optimum Allocation of Parking Lots in Distribution Systems for Loss Reduction", IEEE PES General Meeting, 2012.

[2] Moradijoz, M., Ghazanfarimeymand, A., Parsa Moghaddam, M., and Haghifam, M. R., "Optimum Placement of Distributed Generation and Parking Lots for Loss Reduction in Distribution Networks ", Electrical Power Distribution Networks (EPDC) Conference, Tehran, Iran, 2012.

[3] Shariatpanah, H., Sabourikenari, M., Mohamadian, M., and Rashidinejad, M., "Optimal Placement and Determine Parking Capacity of Electric Vehicles to Improve VSM and Congestion", Smart Grid Conference, Tehran, Iran, 2012.

[4] Moradijoz, M., Parsa Moghaddam, M., Haghifam, M. R., and Alishahi, E., "A Multi-Objective Optimization Problem for Allocation Parking Lots in Distribution Network ", International Journal of Electrical Power & Enrgy Systems, Vol. 46, pp. 115-122, 2013.

[5] Clement-Nyns, K., Haesen., E., and Driesen, J., "The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.. 25, No. 1, pp. 371-380, Feb 2010.

[6] Alonso, M., Amaris, H., Germain, J. G., and Galan, J. M., "Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles in Smart Grids by Heuristic Algorithms", Journal of Energies , Vol. 7, pp. 2449-2475, 2014

[۷] محمدرضا آقاابراهیمی، حسین طاهریان، محمدمهدی قاسمی پور، " برنامه‌ریزی شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی در پارکینگ بر اساس

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]

بار پیش بینی شده در محیط حساس به قیمت شبکه‌های هوشمند"، نشریه کیفیت و بهره وری صنعت برق ایران، جلد ۳، شماره ۶، صفحه ۱۹-۱۱، پاییز و زمستان ۹۳.

[8] Zhang, Y., Cai, L., " Dynamic Charging Scheduling for EV Parking Lots With Photovoltaic Power System", IEEE Access, Vol. 6, pp. 56995- 57005, Oct. 2018.

[9] Mehrabi, A., Kim, K., " Low-Complexity Charging/Discharging Scheduling for Electric Vehicles at Home and Common Lots for Smart Households Prosumers", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 64, Issue: 3, pp. 348-355, Aug. 2018.

[۱۰] مهدی تورانی، محمدرضا آقاابراهیمی، حمیدرضا نجفی، " برنامه‌ریزی محدوده پارکینگ خودروهای الکتریکی و شارژ و دشارژ آن به‌منظور بهبود قابلیت‌اطمینان در شبکه‌های هوشمند"، نشریه مهندسی برق دانشگاه تبریز، جلد ۴۷، شماره ۲، تابستان ۹۶.

[11] Amini, M. H., and Islam, A., "Allocation of Electric Vehicles' Parking Lots in Distribution Network", Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), Washington, DC, 2014

[۱۲] مهدی تورانی، " بهینه‌سازی مکان و ظرفیت خودروهای الکتریکی در حضور بارهای مهم"، ششمین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران، دانشگاه شهید مدنی، تبریز، اسفند ۹۶.

[13] Taher, S. A., and Afsari, S. A., "Optimal Location and Sizing of UPQC in Distribution Networks Using Differential Evolution Algorithm", Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2012, pp. 1-20, 2012.

[14] Chevy Volt Website [Online]. Available: http://www.chevyvolt.net/chevrolet-volt-specs.htm

زیرنویس‌ها

[1] Smart Grid
[2] Electric Vehicle
[3] State Of Charge
[4] Particle Swarm Optimization
[5] Genetic Algorithm
[6] Gravitational Search Algorithm

[Downloaded from ieijqp.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1397.7.2.2.8]