مکان یابی و تعیین محدوده ی پارکینگ خودروهای الکتریکی با هدف بهبود قابلیت اطمینان شبکه و با در نظر گرفتن کاهش مسافت پیموده شده توسط خودروها

محمدرضا آقاابراهیمی[۱]، مهدی تورانی[۲]

۱- دانشیار، دانشکده مهندسی برق وکامپیوتر- دانشگاه بیرجند - بیرجند- ایران
aghaebrahimi@birjand.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری ، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه بیرجند- بیرجند- ایران
Tourani.mahdi@birjand.ac.ir

چکیده: خودروهای الکتریکی از جمله عناصری هستند که می توانند نقش تأثیرگذاری در بهبود قابلیت اطمینان شبکه ایفا کنند. برای بهره گیری از این پتانسیل، با استفاده از ایجاد مطلوبیت در صاحبان خودرو می توان موجب مشارکت هر چه بیشتر آنان در طرح های ارائه شده از سوی شرکت های توزیع برق گردید. از همین رو، کاهش مسیر پیموده شده توسط خودروها از محل اولیه پارک تا پارکینگ، در کنار پرداخت سود حاصل از مشارکت در طرح، از جمله مواردی است که می تواند باعث افزایش این همکاری گردد. در این مقاله با ارائه یک مدل احتمالاتی ازخودروهای الکتریکی و با طرح دو استراتژی انتخاب پارکینگ توسط صاحبان آن ها، در کنار کاهش مسافت طی شده توسط خودروها، به بهبود قابلیت اطمینان شبکه پرداخته می شود. تأثیر رفتار صاحبان خودرو در انتخاب پارکینگ بر بهبود اهداف شبکه و نیز تأثیر مسافت خودرو تا پارکینگ در ترکیب با این اهداف بر مکان یابی و تعیین ظرفیت پارکینگ ها از نوآوری های این مقاله هستند. ترکیب اهداف با استفاده از توابع فازی، به همراه بهره گیری و مقایسه عملکرد الگوریتم ژنتیک، ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی از دیگر اهداف این مقاله می باشد.

واژه های کلیدی: مکان پارکینگ خودروهای الکتریکی، محدوده پارکینگ، مدل احتمالاتی خوردوها، نزدیکترین پارکینگ، کاهش مسافت پیموده شده خودروها، قابلیت اطمینان شبکه، الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA)، الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)، الگوریتم ژنتیک (GA)

تاریخ ارسال مقاله : ۱۳۹۳/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۴/۷/۱۳

نام نویسنده‌ی مسئول : محمدرضا آقاابراهیمی، دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه بیرجند

نشانی نویسنده‌ی مسئول : ایران، بیرجند، دانشگاه بیرجند، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]

۱- مقدمه

خودروهای الکتریکی از جمله فناوری های دهه های اخیر هستند که توانسته اند با جایگزینی سوخت پاک در خودروهای بنزینی کمک بسزایی به بهبود شرایط محیط زیست بنمایند. با توجه به خاصیت شارژ و دشارژ در باتری های خودروهای الکتریکی، صنعت برق نیز می تواند از مزایای این حضور بهره مند شود. امکان شارژ در ساعات خاص و نیز قابلیت برگشت آن به شبکه در صورت لزوم، از ویژگی های مهم این خودروها می باشد. بهبود قابلیت اطمینان شبکه، کاهش تلفات، تأمین نیاز پیک بار و در نتیجه آن کاهش هزینه های شرکت برق از جمله مزیت های برجسته خودروهای الکتریکی به شمار می رود. مکان و اندازه پارکینگ های این خودروها بایستی به نحوی باشد که بهره بردار شبکه را در بهبود شرایط سیستم یاری رساند. بدیهی است که انتخاب مطلوب این پارامترها می تواند باعث افزایش بهره وری شبکه گردد. در مقالات بسیاری به مسأله بهینه سازی حضور خودروهای الکتریکی پرداخته شده است. در مرجع [۱] مطالعاتی بر روی آنالیز هزینه-فایده و تأثیر خودروهای هیبریدی برقی متصل شونده به شبکه (PHEV[1]) انجام شده است. در مرجع [۲] نویسنده یک روش شارژ برای PHEV با تنظیم تقاضای مصرف بر اساس اطلاعات قیمت ارائه می کند. در مراجع [۶-۳] تأثیر خودروهای الکتریکی بر سیستم توزیع، بویژه اثر آن بر روی امنیت شبکه، بررسی می شود. مطالعات بر روی پروفایل بهینه شارژ برای تشدید بار در ساعات غیر پیک در مرجع [۷] انجام شده است. سود شرکت دادن PHEV در انواع بازارهای برق در مرجع [۸] بحث گردیده است. در این میان، مکان بهینه خودروهای برقی در شبکه توزیع یکی از موضوعات چالشی به شمار می آید. در مرجع [۹]، نویسندگان به مکان یابی بهینه خودروهای الکتریکی به منظور کاهش تلفات پرداخته اند. در مرجع [۱۰]، علاوه بر پارکینگ خودروها، واحدهای تولید پراکنده نیز به فرایند مکان یابی اضافه شده اند. در مرجع [۱۱] مکان یابی و تعیین ظرفیت خودروهای الکتریکی با اهداف متفاوتی صورت گرفته است. حل این مسأله سبب بهبود اهدافی نظیر حاشیه امنیت ولتاژ، هزینه و پایداری ولتاژ شبکه گردیده است. در مرجع [۱۲]، مکان یابی پارکینگ خودرو با هدف افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات و هزینه سرمایه گذاری صورت گرفته است. در مرجع [۱۳]، ابتدا یک مدل احتمالاتی از رفتار صاحبان خودرو بر اساس قیمت برق، قیمت سوخت، خاصیت شارژ سریع و خاصیت کنترلی شارژ خودروها معرفی و سپس با استفاده از توابع هدف، مکان یابی خودروهای الکتریکی صورت پذیرفته است. در مرجع [۱۴]، مدل احتمالاتی خودرو بر اساس عدم قطعیت در مسافت پیموده شده، ساعات ورود به پارکینگ و ... در نظر گرفته شده و سپس مکان یابی پارکینگ خودروهای الکتریکی انجام شده است. در مرجع [۱۹]، به منظور کاهش حالات کاندید و تسریع در رسیدن به پاسخ در مکان یابی خودرو ها، استفاده از اطلاعات جغرافیایی و وسعت مناطق شهری پیشنهاد گردیده است.

یکی از مباحثی که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است، نقش صاحبان خودرو در پیشبرد عملی اهداف خودروهای الکتریکی در ترکیب با اهداف شبکه است. در صورتی که در کنار اهداف برقی، رضایت و مطلوبیت صاحبان خودرو برآورده نشده باشد چه بسا طرح در مرحله اجرا دچار مشکل شود. به عبارت دیگر، نقش انسانی در بخش خودروهای الکتریکی پررنگ بوده و بایستی به آن توجه ویژه ای شود.

برای بررسی این موضوع در این مقاله پس از ارائه یک مدل احتمالاتی از خودروها، به ایجاد مطلوبیت در صاحبان خودروها، از طریق کاهش مسافت پیموده شده توسط خودروها برای حضور در پارکینگ، در ترکیب با اهداف شبکه نظیر قابلیت اطمینان پرداخته می شود. در صورتی که مسافت پیموده شده توسط خودروها برای رسیدن به پارکینگ ها زیاد باشد، صاحبان خودرو از مراجعه به پارکینگ منصرف شده و در نتیجه طرح های مورد نظر شبکه در اولین گام با شکست مواجه خواهند شد. از همین رو بایستی به طریقی این مطلوبیت در طرح های ارائه شده گنجانده شود. برای این منظور در این مقاله به کاهش مسافت پیموده شده توسط خودروها با در نظر گرفتن ماهیت احتملاتی آن ها در کنار سایر اهداف شبکه پرداخته می شود. تأثیر رفتار صاحبان خودرو در انتخاب پارکینگ بر بهبود اهداف شبکه و نیز تأثیر مسافت خودرو تا پارکینگ در ترکیب با این اهداف بر مکان یابی و تعیین ظرفیت پارکینگ ها از نوآوری های این مقاله است.

از آنجایی که جنس اهداف در این مقاله متفاوت است، از الگوریتم فازی در ترکیب با سایر الگوریتم های هوشمند برای حل مسأله استفاده شده و عملکرد آن مورد ارزیابی قرار می گیرد. در ادامه، ابتدا در بخش دوم به مدلسازی احتمالاتی خودروها و سپس در بخش سوم به تعریف مسأله پرداخته می شود. اهداف مسأله و تابع ارزش یابی در بخش ۴ و ۵ بیان می گردند. روش بهینه سازی مدل، که برگرفته از سه الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)، جستجوی گرانشی (GSA) و الگوریتم ژنتیک (GA) است، در ترکیب با روش فازی در بخش ۶ ارائه و سپس نتایج مدلسازی به همراه شبیه سازی این الگوریتم ها در بخش ۷ مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرد. در انتها، در بخش ۸ جمع بندی مقاله بیان گردیده است.

۲- مدل سازی احتمالاتی خودروهای الکتریکی

در این بخش به بررسی رفتار احتمالاتی خودروها در هنگام تزریق توان به شبکه پرداخته می شود. از آنجایی که یک خودرو قبل از رسیدن به پارکینگ در طول روز ممکن است مسافت های متفاوتی را طی کند،

[1] Plug-in Hybrid Electric Vehicles

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]

سطح شارژ (SOC[2]) آن در لحظه رسیدن به پارکینگ متفاوت خواهد بود. برای مدلسازی مسافت پیموده شده خودرو هنگام رسیدن به پارکینگ، با توجه به مرجع [۱۴]، از تابع توزیع احتمالاتی لگاریتمی زیر استفاده شده است:

$$D = e^{(\mu_m + \sigma_m N)} \quad (۱)$$

$$\mu_m = \ln\left(\frac{\mu_{md}^2}{\sqrt{\mu_{md}^2 + \sigma_{md}^2}}\right) \quad (۲)$$

$$\sigma_m = \sqrt{\ln\left(\frac{\mu_{md}^2 + \sigma_{md}^2}{\mu_{md}^2}\right)} \quad (۳)$$

که در آن N عدد تصادفی با تابع توزیع نرمال بوده و پارامترهای μ_{md} و σ_{md} نیز، از روی داده های تاریخی بدست می آیند.

در نتیجه این مدلسازی، سطح شارژ یک خودرو در هنگام رسیدن به پارکینگ از رابطه زیر بدست می آید:

$$SOC_{ariv} = SOC_{int} - D \times E_m \quad (۴)$$

در رابطه بالا، SOC_{ariv} سطح شارژ خودرو هنگام رسیدن به پارکینگ، SOC_{int} سطح شارژ اولیه خودرو و E_m ، مقدار شارژ مصرفی به ازای هر واحد پیمایش خودرو می باشد.

از سویی دیگر، زمان رسیدن به پارکینگ نیز در خودروها دارای عدم قطعیت می باشد. این عدم قطعیت را می توان با توجه به مرجع [۱۴] با استفاده از تابع توزیع نرمال با میانگین و انحراف معیار مشخص μ_{ariv} و σ_{ariv} مدلسازی نمود:

$$t_{ariv} = \mu_{ariv} + \sigma_{ariv} N \quad (۵)$$

با مدلسازی احتمالاتی خودروها، منحنی توان تولیدی در پارکینگ ها قابل محاسبه بوده و می توان با توجه به منحنی بار مصرفی وضعیت شبکه را مشخص نمود.

۳- تعریف مسأله

در این بخش به معرفی مدل پیشنهادی برای بهینه سازی شبکه در حوزه قابلیت اطمینان با در نظر گرفتن کاهش مسافت پیموده شده توسط خودروهای الکتریکی پرداخته می شود.

از آنجایی که معمولا خودروهای الکتریکی در سطح یک منطقه پراکنده هستند، بایستی پارکینگ ها به نحوی قرار گیرند که خودروها کمترین مسیر ممکن را برای رسیدن به آن ها طی نمایند. هرچه قدر این مسیر کوتاه تر باشد رغبت مشترکین به شرکت کردن در طرح بیشتر و نیز خسارت پرداختی شرکت به صاحبان خودرو، برای جبران پیمودن این مسیر اضافه، کمتر خواهد بود. به عبارت دیگر، مکان این پارکینگ ها باید به صورتی باشد که ضمن برآورده ساختن اهداف شبکه، رضایت صاحبان خودروها را بوسیله ی کاهش مسیر انتقال خودرو تا پارکینگ فراهم آورد. بدین منظور، در این مقاله دو سناریو ارائه می گردد.

سناریوی اول: تعیین مکان، محدوده و اندازه پارکینگ خودروهای الکتریکی با در نظر گرفتن مراجعه خودروها به نزدیک‌ترین پارکینگ

در این سناریو، فرض برآن است که مالکان خودرو های الکتریکی همکاری کمتری با شرکت های برق داشته و تمایل دارند خودروی خود را در نزدیک‌ترین پارکینگ قرار دهند. به عبارت دیگر، مالکان در هر پاسخ کاندیدا، پارکینگی را از بین پارکینگ‌های موجود انتخاب می کنند که نزدیک‌ترین فاصله را نسبت به آن ها داشته باشند. بدین ترتیب، در این حالت ابتدا با استفاده از الگوریتم های هوشمند مکان کاندیدا برای نصب پارکینگ مشخص می شود. سپس، جایابی خودروها با توجه به زمان مراجعه به پارکینگ، بر اساس کمترین مسافت پیموده شده صورت گرفته و محدوده هر پارکینگ و اندازه آن بدست می آید. با داشتن مکان کاندیدای نصب، محدوده و اندازه هر پارکینگ و با توجه به منحنی توان تولیدی پارکینگ و منحنی توان مصرفی مشترکین، بوسیله ی تابع ارزشیابی به هر پاسخ کاندیدا بر اساس اهداف تعیین شده یک ارزش اطلاق می شود که با مقایسه ارزش پاسخ ها، بهترین جواب به عنوان پاسخ نهایی مدل در این سناریو مشخص می گردد.

سناریوی دوم: تعیین مکان، محدوده و اندازه پارکینگ خودروهای الکتریکی بدون محدودیت مراجعه خودروها

در این سناریو، مکان و محدوده کاندیدای پارکینگ برای خودروهای الکتریکی با استفاده از الگوریتم های هوشمند تعیین می شود. بر خلاف حالت قبل، هیچ محدودیتی از طرف مالکان خودرو برای مراجعه به پارکینگ نبوده و در این زمینه مالکان همکاری لازم را خواهند داشت. بدین ترتیب، در هر مرحله یک مکان و محدوده برای هر پارکینگ به عنوان پاسخ کاندیدا تعیین می شود. سپس، بر اساس خودروهای موجود در هر محدوده و با توجه به زمان مراجعه خودروها به پارکینگ، اندازه پارکینگ ها بدست می آید. با داشتن مکان کاندیدای نصب، محدوده و اندازه هر پارکینگ و با توجه به منحنی توان تولیدی پارکینگ و منحنی توان مصرفی مشترکین، بوسیله ی تابع ارزشیابی، به هر پاسخ کاندیدا بر اساس اهداف تعیین شده یک ارزش اطلاق می شود که با مقایسه ارزش پاسخ ها، بهترین جواب به عنوان پاسخ نهایی مدل در این سناریو مشخص می گردد.

۴- اهداف مسأله

در این بخش اهداف مسأله بیان می شوند.

۴-۱- بهبود قابلیت اطمینان شبکه

یکی از مهمترین کاربردهای بالقوه خودروهای الکتریکی، بهبود کارائی سیستم قدرت است. از جمله این کاربردها می توان به کاهش تلفات،

[2] State of Charge

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]

تأمین نیاز پیک مصرف و بهبود شاخص های قابلیت اطمینان اشاره کرد. در این مقاله به بررسی بهبود شاخص های قابلیت اطمینان شبکه با استفاده از خودروهای الکتریکی پرداخته می شود. شاخص های متعددی برای تعیین قابلیت اطمینان تعریف شده‌اند که از میان آن ها می توان به شاخص SAIDI و SAIFI اشاره کرد. این دو شاخص در برگیرنده ی وقفه های مانا بوده که مدت زمان رفع عیب در آن ها بیشتر از پنج دقیقه است. در صورتی که لازم باشد شبکه به صورت دقیق تر مورد بررسی قرار گیرد، می توان از شاخص MAIFI برای بهبود آنالیز بهره گیری کرد. این شاخص مرتبط با وقفه های گذرا بوده و شامل خطاهایی می شود که زمان رفع عیب در آن ها کمتر از پنج دقیقه است.

$$SAIDI = System\ Average\ Interruption\ Duration\ Index = \frac{\sum r_i N_i}{N_T} \quad (۶)$$

$$SAIFI = System\ Average\ Interruption\ Frequency\ Index = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_T} \quad (۷)$$

$$MAIFI = Momentary\ Average\ Interruption\ Frequency\ Index = \frac{\sum \lambda_{mi} N_i}{N_T} \quad (۸)$$

در این روابط، r_i زمان بازیابی خطا، N_i تعداد مشترکین خاموش شده، N_T تعداد کل مشترکین، λ_i نرخ خرابی خطاهای مانا و λ_{mi} نرخ خرابی خطاهای گذرا می باشد.

در این مقاله به منظور توجه به اهمیت وقفه گذرا و نیز وقفه های مانا، از ترکیب این سه شاخص برای ارزیابی بهبود قابلیت اطمینان بهره گیری شده است [۱۵].

۴-۲- جلب رضایت صاحبان خودرو

یکی از اهدافی که در این مقاله به آن پرداخته می شود، جلب رضایت صاحبان خودرو برای مشارکت بیشتر در طرح های ارائه شده است. برای این منظور، ضمن پرداخت هزینه های مربوط به طرح، سعی بر آن است تا مسافت پیموده شده توسط خودرو تا پارکینگ حداقل گردد. به همین خاطر، از شاخص مسافت استفاده می گردد. این شاخص از محاسبه فاصله و توان خودروها تا مکان پارکینگ بدست می آید:

$$Distance = \sum_{i=1}^{n} (x_{vehicle_i} \times p_{vehicle_i})^2 \quad (۹)$$

که در آن $x_{vehicle_i}$ فاصله هر خودرو محدوده i ام تا پارکینگ i ام، $p_{vehicle_i}$ توان هر خودرو محدوده i ام، n تعداد پارکینگ ها و *Distance* شاخص مسافت است.

۴-۳- کاهش هزینه های طرح

کاهش هزینه های طرح یکی دیگر از اهداف مسأله است. این هزینه ها شامل هزینه زمین، ساخت و تأمین لوازم پارکینگ، هزینه جبران طی مسافت مازاد توسط خودروها از محل اولیه پارک تا مکان پارکینگ ها و تلفات است. برای بدست آوردن تلفات در این مقاله از روش جاروب رفت و برگشت استفاده شده است. البته سایر هزینه ها نیز می توانند در این قسمت گنجانده شوند که در این مقاله از آنها صرفنظر می شود. رابطه ۱۰ هزینه های طرح و رابطه ۱۲، هزینه های مربوط به پارکینگ ها را مشخص می کنند:

$$Cost = C_p + vehicle\ Cost \times PW + Losses\ Cost \times PW \quad (۱۰)$$

$$PW = \sum_{i=1}^{T} \left(\frac{1+f}{1+d}\right)^i \quad (۱۱)$$

$$C_p = (C_{accessories} + S_{vehicle} \times C_{ground}) \quad (۱۲)$$

که در آن *Cost* هزینه کل (\$)، *Cp* هزینه مربوط به پارکینگ (\$) شامل هزینه زمین C_{ground} (\$/m^2)، هزینه لوازم مورد نیاز پارکینگ برای هر خودرو $C_{accessories}$ (\$)، *vehicle Cost* هزینه پرداختی به صاحبان خودرو برای طی مسافت مازاد خودرو تا پارکینگ (\$/m)، *Losses Cost* هزینه تلفات (\$)، *N* تعداد خودروی داخل پارکینگ ها، $S_{vehicle}$ مساحت مورد نیاز برای هر خودرو (m^2)، *PW* ارزش در زمان حال، *f* نرخ تورم، *d* نرخ بهره و *T* بازه طراحی می باشد.

۵- تابع ارزشیابی

برای انتخاب پاسخ بهینه و به منظور مقایسه حالات ممکن جواب و ارزش گذاری هر کدام از آن ها، از تابع ارزشیابی استفاده می شود. این تابع شامل ارزش هر یک از اهداف بوده و مطلوبیت آن ها را به صورت عددی تعیین می کند. از آنجایی که در این مسأله اهداف مختلف با واحدهای متفاوت وجود دارند، از الگوریتم های فازی جهت ترکیب آن ها بهره گیری می شود. برای این کار، با استفاده از بهترین و بدترین مقدار ارزش هر کدام از اهداف، تابع عضویت هر هدف تشکیل و میزان مطلوبیت هر هدف در هر پاسخ ممکن، بوسیله این توابع عضویت سنجیده می شود. از آنجایی که عدد تعیین شده توسط تابع عضویت بدون واحد است می توان خروجی تمام توابع عضویت را با یکدیگر ترکیب و از آن به عنوان ارزش پاسخ استفاده نمود.

$$G_1 = SAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_T} \quad (۱۳)$$

$$G_2 = SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_T} \quad (۱۴)$$

$$G_3 = MAIFI = \frac{\sum \lambda_{mi} N_i}{N_T} \quad (۱۵)$$

$$G_4 = C_p + vehicle\ Cost \times PW + Losses\ Cost \times PW \quad (۱۶)$$

$$G_5 = Distance = \sum_{i=1}^{n} (x_{vehicle_i} \times p_{vehicle_i})^2 \quad (۱۷)$$

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]

$$Min \quad Fitness = \sum_i^n \alpha_i \mu_i(G_i) \qquad (۱۸)$$

در روابط بالا *Fitness*، ارزش فازی ناشی از ترکیب اهداف، G_i هدف iام، r_i زمان بازیابی خطا، N_i تعداد مشترکین خاموش شده، N_T تعداد کل مشترکین، λ_i نرخ خرابی خطاهای مانا، λ_{mi} نرخ خرابی خطاهای گذرا، PW ضریب ارزش حال، C_p ($) هزینه مربوط به پارکینگ شامل هزینه زمین C_{ground} ($) و هزینه لوازم موردنیاز پارکینگ $C_{accessories}$ ($)، *vehicle Cost* هزینه پرداختی به صاحبان خودرو برای طی مسافت مازاد خودرو تا پارکینگ (m/$)، *Losses Cost* هزینه تلفات ($)، N تعداد خودروی داخل پارکینگ ها، $S_{vehicle}$ مساحت مورد نیاز برای هر خودرو (m)، $x_{vehicle_i}$ فاصله هر خودرو محدوده i ام تا پارکینگ i ام (m)، $p_{vehicle_i}$ توان هر خودرو محدوده i ام در هنگام رسیدن به پارکینگ (kw)، n تعداد پارکینگ ها، *Distance* شاخص مسافت، μ_i تابع عضویت فازی هدف i ام و α_i ضرایب تأثیر اهداف هستند.

۶- روش بهینه سازی مسأله

با توجه به نوع مسأله مطرح شده در این مقاله، الگوریتم های جستجوی تصادفی می توانند کارایی مطلوبی در یافتن پاسخ بهینه مدل داشته باشند. این الگوریتم ها به صورت هوشمند در محیط جواب به سمت پاسخ بهینه حرکت می کنند. هرچه قدر سرعت رسیدن به پاسخ نهایی، و نیز دقت آن، بیشتر باشد الگوریتم دارای ارجحیت و ارزش بالاتری خواهد بود. در این مقاله از سه الگوریتم جستجوی گرانشی، ژنتیک و ازدحام ذرات برای مطالعه مدل ارائه شده بهره گیری شده و کارایی هر یک از نظر سرعت و دقت مورد بررسی قرار گرفته است. در تمامی این روش ها ابتدا جواب های ممکن کدگذاری می شوند. هر چقدر این کدگذاری هوشمندانه تر انجام گیرد دقت و سرعت همگرایی روش افزایش می یابد.

بدین منظور، در سناریوی اول به تعداد حداکثر پارکینگ های موردنظر، متغیر تعریف می شود که در هر متغیر یک شماره باس قرار می گیرد. این شماره باس نشان دهنده ی مکان نصب پارکینگ است. پس از انتخاب محل نصب کاندیدا، خودروهای الکتریکی با توجه به زمان مراجعه به پارکینگ و مسافت آن ها تا پارکینگ ها، جایابی شده و به نزدیک ترین پارکینگ هدایت می شوند. با مشخص شدن مکان احداث پارکینگ کاندیدا و حداکثر تعداد خودروهای ورودی به آن، ظرفیت پارکینگ محاسبه می شود.

در سناریوی دوم، کدگذاری تا حدودی متفاوت است. برای کدگذاری در این حالت از چند متغیر استفاده شده است که تعدادی نشان دهنده مرز یک ناحیه و تعدادی دیگر نیز تعیین کننده مکان پارکینگ ها در هر محدوده هستند. بدین ترتیب، متناسب با حداکثر تعداد پارکینگ ها و نیز تعداد مرزها، متغیرهای اولیه الگوریتم تعریف می شوند. در متغیرهای مربوط به مرزها، در هر حالت یک شماره باس در داخل آنها قرار می گیرد که این شماره باس مرز هر محدوده را تعیین می کند. در متغیرهای مکان پارکینگ نیز شماره مرتبط با باس مکان پارکینگ قرار دارد. با بدست آوردن محدوده و مکان هر پارکینگ، اندازه آن نیز بر اساس خودروهای موجود در آن ناحیه و با توجه به زمان مراجعه خودروها به پارکینگ تعریف می شود.

برای مقایسه هر یک از پاسخ ها با یکدیگر و برازش آن ها، از تابع ارزشیابی استفاده می شود. همانطور که بیان شد، چون جنس اهداف متفاوت است از روش فازی برای بهبود عملکرد الگوریتم ها بهره گیری شده است. در روش فازی با استفاده از توابع عضویت، اهداف مختلف دارای ارزش هم واحد شده و در نتیجه می توان ارزش اهداف را با یکدیگر ترکیب نمود.

در این مقاله، نحوه عملکرد تابع عضویت بدین صورت است که به بهترین پاسخ هر هدف مقدار صفر و به بدترین پاسخ مقدار یک نسبت داده می شود. در سایر پاسخ ها، بسته به مطلوبیت هدف در آن پاسخ و به نسبت بهترین و بدترین جواب در آن هدف خاص، عددی مابین صفر و یک نسبت داده خواهد شد.

لازم به توضیح است که بدترین و بهترین پاسخ برای هر هدف با توجه به فضای مسأله تعیین می شود. با ترکیب اعداد بدست آمده از توابع عضویت هر هدف برای هر پاسخ ممکن، یک مقدار مشخص بدست می آید که این مقدار برای پاسخ بهینه باید در کمترین حد خود باشد.

۷- مطالعات عددی و نتایج

به منظور اعتبار بخشیدن به مدل ارائه شده در این مقاله و بررسی نتایج حاصل از آن از شبکه تست ۶۹ باسه IEEE استفاده شده است[۱۸]. بر روی شاخه های این شبکه، مطابق شکل شماره ۱، چندین فیوز به همراه یک کلید مدارشکن در ابتدای مدار فرض شده است.

بار تمامی مشترکین یکسان بوده ولی تعداد آن ها در باس های متفاوت متغیر است. بار مصرفی هر باس در بازه زمانی بهره بهرداری از توان تزریقی خودروها به سه بازه مطابق جدول ۱ تقسیم می شود.

جدول ۱، منحنی بار مصرفی مشترکین

	بازه سوم	بازه دوم	بازه اول
توان مصرفی	۱۰۰٪ بار پیک	۸۰٪ بار پیک	۵۰٪ بار پیک

مقدار بار پیک بر اساس بار پیک شبکه تست ۶۹ باسه IEEE برای هر باس تعیین شده است.

در این شبکه، حداکثر تعداد نصب پارکینگ ۵ عدد بوده و نیز امکان نصب پارکینگ در باس تغذیه اصلی وجود ندارد. حداکثر توان اولیه قابل تزریق در هر ساعت برای هر خودرو الکتریکی ۲/۵ کیلووات می باشد. خودروها پیش از انجام طرح در ساعات کم مصرف، شارژ شده اند. کسری از توان اولیه قابل تزریق، در مسافرت روزانه مصرف شده و باقیمانده با توجه به مدل احتمالاتی ارائه شده، قابل استفاده در پارکینگ خواهد بود.

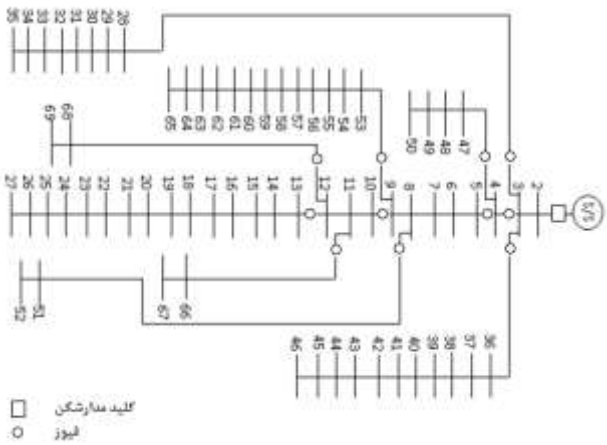
[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]

طول مسیر بین تمامی نقاط شبکه در یک ماتریس قرار داده شده است. هزینه انتقال خودرو از محل مراجعه اولیه تا پارکینگ توسط شرکت پرداخت می شود که این هزینه در مدل لحاظ شده است. در جدول پیوست محل مراجعه اولیه خودروها به همراه تعداد آن ها در طول بازه دشارژ، بر روی باس ها مشخص شده است. قبل از اجرای شبیه سازی با استفاده از مدل احتمالاتی تعریف شده برای خودروها، توان قابل دسترسی هر خودرو در هنگام مراجعه به پارکینگ و نیز بازه مراجعه خودروها به پارکینگ بدست می آید و در فرآیند شبیه سازی قرار می گیرد . بدین ترتیب، منحنی توان تولیدی پارکینگ ها بدست آمده که با داشتن آن و منحنی مصرف مشترکین، وضعیت شبکه برای هر حالت کاندیدای مکان و ظرفیت پارکینگ قابل محاسبه است.

هزینه مربوط به پارکینگ شامل هزینه زمین و هزینه لوازم مورد نیاز برای هر خودرو بوده که در این مقاله هزینه زمین برابر ۱۰۰۰ دلار بر متر مربع و هزینه لوازم مورد نیاز برای هر خودرو ۳۰۰ دلار فرض می شود. مساحت در نظر گرفته شده در هر پارکینگ برای خودرو نیز ۶ متر مربع است[۲]. در این مقاله نرخ تورم ۰/۰۸، نرخ بهره ۰/۱۴ و بازه طراحی ۳۵ سال در نظر گرفته شده است.

به منظور بررسی قابلیت اطمینان، با توجه به ادوات به کار رفته در شبکه تست از اطلاعات جدول شماره ۲ که از مقاله [۱۷] برداشت شده است استفاده می شود. در این جدول نرخ خرابی مانا، نرخ خرابی گذرا و مدت زمان رفع عیب برای هر یک از تجهیزات مورد نیاز آورده شده است.



شکل (۱) ، شبکه تست ۶۹ باسهIEEE به همراه تجهیزات حفاظتی

جدول(۲)، مشخصات قابلیت اطمینان تجهیزات شبکه

	نرخ خرابی مانا	نرخ خرابی گذرا	زمان تعمیر (ساعت)
کلید مدارشکن	۰/۰۰۳۶	۰/۰۲۲	۳۲
کابل	۰/۰۳۵	۰/۰۰۱۵	۱۸
فیوز	۰/۰۰۴	_	۵

همانطور که اشاره شد، برای ارزشیابی اهداف در این مقاله از توابع عضویت فازی بهره گیری می شود. در این توابع فازی، با استفاده از بهترین و بدترین پاسخ هر هدف، سایر جواب ها ارزش گذاری شده و در نهایت با هم مقایسه می شوند. از آنجایی که سناریوی دوم دارای محدودیت برای مکان و محدوده پارکینگ خودروهای الکتریکی نیست، برای یافتن بهترین و بدترین پاسخ اهداف، از این سناریو استفاده شده است.

بدین منظور، ابتدا برنامه شبیه سازی صرفا برای یافتن پارکینگ خودروهای الکتریکی با کمترین مسافت پیموده شده اجرا می شود. در این حالت، اثر سایر اهداف صفر قرار داده شده است. با توجه به اینکه یک هدف در شبیه سازی وجود دارد، نیازی به استفاده از توابع فازی نبوده و فقط ارزش آن هدف بهینه می گردد. جدول ۳ نتایج مربوط به این شبیه سازی را نشان می دهد.

جدول(۳)، نتایج شبیه سازی با هدف کاهش مسافت خودروها تا پارکینگ

شاخص مسافت	۸۷۹۳۷
شاخص SAIFI	۰/۴۳۶۰
شاخص MAIFI	۰/۰۳۶۱
شاخص SAIDI	۷/۷۳۴۰
هزینه	$۶/۴۴۱۰\times۱۰^{۹}$

با اجرای این برنامه، مقدار ۸۷۹۳۷ واحد به عنوان بهترین پاسخ برای شاخص مسافت در تابع عضویت کاهش مسافت طی شده تا پارکینگ، لحاظ می شود.

در حالت بعد در صورتی که برنامه شبیه سازی تنها با هدف بهبود شاخص های قابلیت اطمینان اجرا شود نتایج جدول ۴ حاصل می گردد.

جدول(۴)، نتایج شبیه سازی با هدف بهبود قابلیت اطمینان

شاخصSAIFI	۰/۳۷۳۶
شاخص MAIFI	۰/۰۳۳۵
شاخص SAIDI	۶/۶۲۴۰
شاخص مسافت	$۴/۵۳۵۴\times۱۰^{۶}$
هزینه	$۸/۵۶۴۳\times۱۰^{۹}$

شاخص های قابلیت اطمینان حاصل از اجرای این برنامه، بهترین پاسخ برای توابع عضویت فازی مربوط به هدف بهبود قابلیت اطمینان هستند. بدترین پاسخ برای این هدف، مقادیر شاخص قابلیت اطمینان مربوط به اجرای برنامه شبیه سازی با هدف کاهش مسافت طی شده است.

از نظر هزینه نیز برای بدترین پاسخ، هزینه مربوط به اجرای برنامه با هدف بهبود قابلیت اطمینان و برای کمترین هزینه (بهترین پاسخ هدف هزینه ها)، هزینه های انجام شده با هدف کاهش مسافت در تابع عضویت هزینه لحاظ می شود.

برای بدترین حالت شاخص مسافت، شاخص مسافت مربوط به اجرای برنامه با هدف بهبود قابلیت اطمینان در تابع عضویت مربوطه لحاظ می

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]

شود. در این حالت خودروها ضمن داشتن آزادی در پیمودن مسیر تا پارکینگ و پرداختن هزینه آن توسط شرکت، بهترین وضعیت را برای قابلیت اطمینان شبکه فراهم می آورند، در نتیجه جابه جایی بیشتر خودروها ضروری به نظر نمی رسد.

پس از انتخاب بدترین و بهترین پاسخ ها برای توابع عضویت فازی، با اجرای برنامه شبیه سازی پاسخ بهینه با در نظر گرفتن تمامی اهداف مدل توسط الگوریتم های ژنتیک، ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی بدست می آید. در این حالت تمامی اهداف حضور داشته و به صورت فازی با استفاده از جداول ۳ و ۴ ارزشیابی می شوند.

سناریوی اول : تعیین مکان، محدوده و اندازه پارکینگ خودروهای الکتریکی با در نظر گرفتن مراجعه خودروها به نزدیک ترین پارکینگ

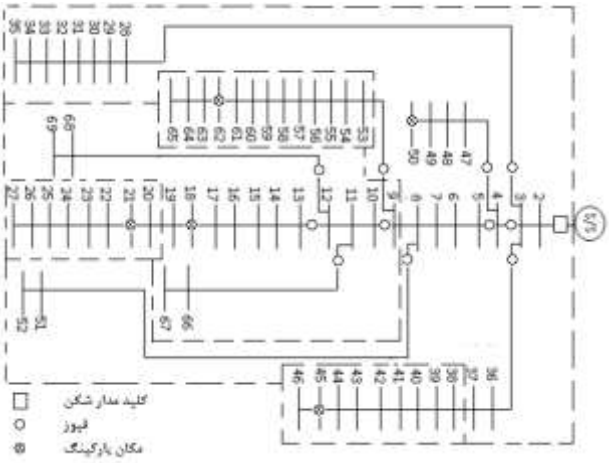
در این سناریو فرض بر این است که صاحبان خودرو تمایل دارند به نزدیک ترین پارکینگ مراجعه نمایند. در نتیجه با انتخاب هر پاسخ کاندیدا و تعیین مکان احداث، هر خودرو با توجه به زمان مراجعه به پارکینگ ها، به پارکینگی خواهد رفت که کمترین مسافت را با خودرو، نسبت به سایر پارکینگ ها، طی کند. با این فرض و با اجرای برنامه شبیه سازی در این سناریو، نتایج در جدول شماره ۵ آمده است. لازم به یادآوری است که در حل این مسأله از سه الگوریتم ژنتیک، ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی بهره گیری شده و عملکرد آن ها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

جدول (۵)، نتایج حاصل از شبیه سازی

الگوریتم ازدحام ذرات	مکان پارکینگ	۶۲	۵۰	۴۵	۲۱	۱۸
	ظرفیت خودرویی پارکینگ	۶۳	۹۷	۳۳	۱۸	۶۰
	ارزش فازی	۰/۹۹۵۲				
	تکرار همگرایی	۲۰				
الگوریتم ژنتیک	مکان پارکینگ	**۶۲**	۵۰	۴۵	۲۱	۱۸
	ظرفیت خودرویی پارکینگ	۶۳	۹۷	۳۳	۱۸	۶۰
	ارزش فازی	۰/۹۹۵۲				
	تکرار همگرایی	۳۴				
الگوریتم جستجوی گرانشی	مکان پارکینگ	۶۰		**۵۰**	**۴۱**	**۲۳**
	ظرفیت خودرویی پارکینگ	۸۴		۸۷	۴۳	۵۶
	ارزش فازی	۱/۱۳۷۱				
	تکرار همگرایی	۱۱				

با توجه به معادله شماره ۱۸ بهترین پاسخ زمانی است که تابع ارزشیابی فازی کمینه گردد. از همین رو نتایج نشان می دهد که الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم ژنتیک در رسیدن به پاسخ بهینه عملکرد بهتری نسبت به روش جستجوی گرانشی دارند.

همانطور که بیان شد، در این سناریو خودروها به نزدیک‌ترین پارکینگ مراجعه می کنند. مکان و محدوده ی خودروهای ورودی به هر پارکینگ در پاسخ الگوریتم PSO در شکل شماره ۲ مشخص شده است.



شکل(۲)، مکان پارکینگ و خودروهای مربوط به هر پارکینگ در الگوریتم PSO

قابلیت اطمینان در پاسخ الگوریتم PSO برای شاخص SAIDI بهبود ۱۸/۱۴ درصدی ، در شاخص SAIFI ۱۸/۱۲ درصد و برای شاخص MAIFI رشد ۱۷/۸۸ درصدی را نسبت به وضعیت اولیه شبکه نشان می دهد. جدول شماره ۶ مقدار شاخص های قابلیت اطمینان را پس از بهینه سازی نشان می دهد.

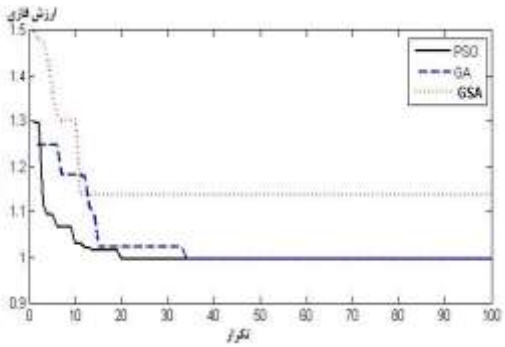
جدول(۶)، شاخص های قابلیت اطمینان در الگوریتم PSO

شاخص	MAIFI	SAIFI	SAIDI
مقدار بیشینه	۰/۰۴۲۵	۰/۴۹۵۸	۸/۷۹۲۳
مقدار بهینه	۰/۰۳۴۹	۰/۴۰۵۹	۷/۱۹۷۴
مقدار کمینه	۰/۰۳۳۵	۰/۳۷۳۶	۶/۶۲۴۰
بهبود	٪۱۷/۸۸	٪۱۸/۱۳	٪۱۸/۱۴

از نظر سرعت همگرایی الگوریتم ها، در صورتی که تعداد تکرار تا رسیدن به پاسخ نهایی به عنوان ارزش در نظر گرفته شود، روش جستجوی گرانشی نسبت به الگوریتم ژنتیک و ازدحام ذرات سرعت بهتری را داراست. نمودار همگرایی سه الگوریتم در شکل شماره ۳ آمده است.

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]



شکل(۳)، نمودار همگرایی GA، PSO و GSA

از نقطه نظر سرعت همگرایی، پس از الگوریتم جستجوی گرانشی الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم ژنتیک در رتبه دوم و سوم قرار دارند. بنابراین با توجه به عملکرد سرعتی قابل قبول (رتبه دوم) و نیز دقت بالای الگوریتم PSO در رسیدن به جواب نهایی در میان سه الگوریتم ازدحام ذرات، ژنتیک و جستجوی گرانشی ، این الگوریتم روش مناسبی برای حل مدل ارائه شده می باشد.

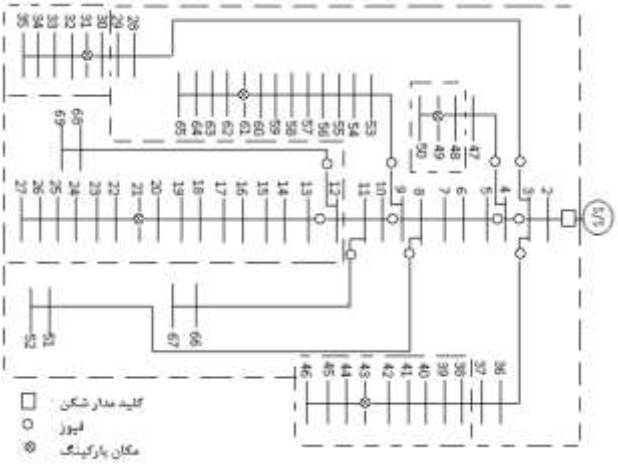
سناریوی دوم: تعیین مکان، محدوده و اندازه پارکینگ خودروهای الکتریکی بدون محدودیت مراجعه خودروها

در این سناریو همکاری صاحبان خودرو الکتریکی با شرکت های برق بیشتر بوده و محدودیتی برای انتقال خودروها به پارکینگ وجود ندارد. در این حالت به منظور بهینه سازی مدل با اهداف تعیین شده، از طریق اجرای برنامه شبیه سازی و با استفاده از الگوریتم های ژنتیک، ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی نتایج جدول ۷ بدست می آید.

جدول (۷)، نتایج حاصل از شبیه سازی

الگوریتم ازدحام ذرات	مکان پارکینگ	۴۹	۴۳	۳۱	۲۱	۶۱
	ظرفیت خودرویی پارکینگ	۱۰	۳۳	۳۱	۵۶	۱۴۳
	محدوده پارکینگ	۴۸	۳۸	۲۸	۱۲	۱
	ارزش فازی	۰/۵۳۶۶				
	تکرار همگرایی	۵۸				
الگوریتم ژنتیک	مکان پارکینگ	۵۰	۴۲	۳۳	۲۱	۶۱
	ظرفیت خودرویی پارکینگ	۱۰	۳۳	۱۷	۵۶	۱۵۸
	محدوده پارکینگ	۴۸	۳۸	۳۰	۱۲	۱
	ارزش فازی	۰/۶۷۵۲				
	تکرار همگرایی	۶۳				
الگوریتم جستجوی گرانشی	مکان پارکینگ	۱۴		۳۱	۲۲	۶۱
	ظرفیت خودرویی پارکینگ	۳۳		۳۱	۳۲	۱۷۷
	محدوده پارکینگ	۳۸		۲۸	۱۸	۱
	ارزش فازی	۰/۹۰۰۷				
	تکرار همگرایی	۱۸				

بر اساس مدل ارائه شده در این مقاله، بهترین پاسخ زمانی است که ارزش فازی کمینه مقدار خود گردد. از همین رو با توجه به نتایج بدست آمده در جدول شماره ۷ ، الگوریتم PSO از نظر دقت نسبت به سایر الگوریتم ها عملکرد بهتری دارد. مکان و محدوده پارکینگ خودروهای الکتریکی در پاسخ ازدحام ذرات در شکل شماره ۴ نشان داده شده است.



شکل(۴)، مکان و محدوده بدست آمده برای هر پارکینگ با هدف بهبود قابلیت اطمینان و کاهش مسافت پیموده شده تا پارکینگ

در این پاسخ شاخص SAIFI نسبت به وضعیت اولیه شبکه رشد ۱۹/۳۴ درصدی و شاخص SAIDI بهبود ۱۹/۳۵ درصدی را تجربه نموده است. در حالیکه از نظر وقفه های گذرا نیز شاخص MAIFI نسبت به حالت اولیه شبکه ۱۸/۵۹ درصد بهبود یافته است. جدول شماره ۸ وضعیت شبکه را پس از شبیه سازی با الگوریتم PSO نشان می دهد.

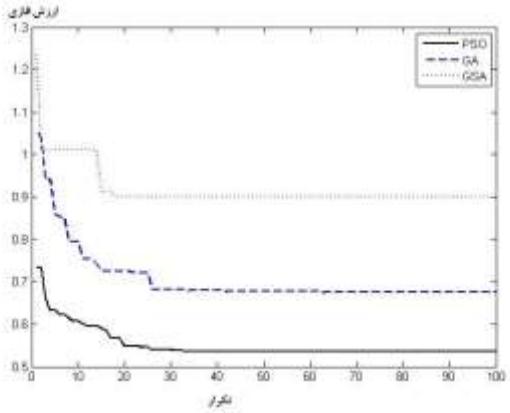
جدول(۸)، شاخص های قابلیت اطمینان در الگوریتم PSO

شاخص	MAIFI	SAIFI	SAIDI
مقدار بیشینه	۰/۰۴۲۵	۰/۴۹۵۸	۸/۷۹۲۳
مقدار بهینه	۰/۰۳۴۶	۰/۳۹۹۹	۷/۰۹۰۷
مقدار کمینه	۰/۰۳۳۵	۰/۳۷۳۶	۶/۶۲۴۰
بهبود	٪۱۸/۵۹	٪۱۹/۳۴	٪۱۹/۳۵

درصورتی که تعداد تکرار رسیدن به پاسخ نهایی به عنوان سرعت الگوریتم در نظر گرفته شود روش جستجوی گرانشی دارای بیشترین سرعت همگرایی خواهد بود. اما همانطور که از جدول ۷ مشخص است در بین الگوریتم های ارائه شده در این مقاله، این الگوریتم کمترین دقت در رسیدن به پاسخ نهایی را دارد. از همین رو با لحاظ کردن سرعت همگرایی الگوریتم در کنار دقت رسیدن به جواب، الگوریتم ازدحام ذرات به عنوان بهترین الگوریتم از نظر عملکردی از بین

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]

الگوریتم های ارائه شده برگزیده می شود. نمودار همگرایی هر سه الگوریتم در شکل شماره ۵ آمده است.



شکل (۵)، نمودار همگرایی GA، PSO و GSA

با توجه به نتایج شبیه سازی و جداول ۵ و ۷، در بین دو استراتژی انتخاب پارکینگ و برای بهترین الگوریتم جستحو، سناریوی دوم- تعیین مکان، محدوده و اندازه پارکینگ خودروهای الکتریکی بدون محدودیت مراجعه خودروها- نسبت به سناریوی اول دارای عملکرد بهتری در بهبود هدف ترکیبی معادله ۱۸است که این را می توان در جدول شماره ۹ مشاهده نمود.

جدول(۹)، مقایسه ارزش فازی دو استراتژی انتخاب پارکینگ

	ارزش فازیPSO
سناریوی اول	۰/۹۹۵۲
سناریوی دوم	۰/۵۳۶۶

بر اساس مدل ارائه شده در این مقاله، بهترین پاسخ زمانی است که ارزش فازی کمینه مقدار خود گردد.

۸- نتیجه گیری

استفاده از ویژگی ذخیره سازی انرژی در باتری های خودروهای الکتریکی زمینه مناسبی را برای بهبود قابلیت اطمینان سیستم های قدرت بوجود آورده است. این خودروها قادرند ضمن فعالیت در صنعت حمل و نقل، با حضور در پارکینگ های ویژه باعث بهبود کارائی شبکه برق گردند. در این میان برای بهره گیری از پتانسیل این خودروها نباید نقش موثر صاحبان خودرو را نادیده گرفت. ایجاد مطلوبیت در صاحبان خودرو سبب مشارکت هر چه بیشتر آنان در طرح های ارائه شده از سوی شرکت‌های توزیع می شود. از همین رو، کاهش مسیر پیموده شده توسط خودروها از محل اولیه پارک تا پارکینگ، در کنار پرداخت سود حاصل از مشارکت، از جمله مواردی است که می تواند باعث افزایش این همکاری گردد. در این مقاله با ارائه یک مدل احتمالاتی از خودروهای الکتریکی و با طرح دو استراتژی انتخاب پارکینگ توسط صاحبان آنها، در کنار کاهش مسافت طی شده توسط خودروها، به بهبود قابلیت اطمینان شبکه پرداخته شد. بررسی تأثیر رفتار صاحبان خودرو در انتخاب پارکینگ بر بهبود اهداف شبکه و نیز تأثیر مسافت خودرو تا پارکینگ در ترکیب با این اهداف بر مکان یابی و تعیین ظرفیت پارکینگ ها از نوآوری های این مقاله هستند.

در این مقاله برای تجمیع اهداف مختلف مدل ها و بدلیل ماهیت متفاوت اهداف، از توابع عضویت فازی بهره گیری شد. این توابع در ترکیب با الگوریتم های ژنتیک، ازدحام ذرات و جستجوی گرانشی، پاسخ های ممکن برای حل مسأله را بررسی و بهترین پاسخ را بدست می آورند. همچنین، در این مقاله عملکرد هر یک از این الگوریتم ها، از نظر دقت و سرعت همگرایی، با یکدیگر مقایسه و بهترین روش برای حل مسأله معرفی شد.

ضمایم

جدول مکان پارک اولیه خودروها در طول بازه دشارژ

(شماره باس – تعداد خودروی پارک شده)

تعداد خودرو	باس	تعداد خودرو	باس	تعداد خودرو	باس
۱۲	۴۷	۰	۲۴	۱۲	۱
۲۰	۴۸	۰	۲۵	۱۶	۲
۰	۴۹	۰	۲۶	۱۲	۳
۰	۵۰	۰	۲۷	۸	۴
۱۲	۵۱	۲۰	۲۸	۱۲	۵
۰	۵۲	۱۲	۲۹	۸	۶
۱۶	۵۳	۱۶	۳۰	۱۶	۷
۱۲	۵۴	۲۰	۳۱	۴	۸
۱۶	۵۵	۸	۳۲	۸	۹
۱۲	۵۶	۰	۳۳	۱۲	۱۰
۲۰	۵۷	۰	۳۴	۱۶	۱۱
۱۲	۵۸	۰	۳۵	۱۲	۱۲
۲۰	۵۹	۱۲	۳۶	۴	۱۳
۲۰	۶۰	۸	۳۷	۱۲	۱۴
۱۲	۶۱	۱۶	۳۸	۸	۱۵
۰	۶۲	۱۲	۳۹	۸	۱۶
۰	۶۳	۲۰	۴۰	۱۲	۱۷
۰	۶۴	۲۰	۴۱	۱۶	۱۸
۰	۶۵	۱۶	۴۲	۸	۱۹
۱۲	۶۶	۰	۴۳	۱۶	۲۰
۰	۶۷	۰	۴۴	۲۰	۲۱
۱۲	۶۸	۰	۴۵	۱۲	۲۲
۰	۶۹	۰	۴۶	۰	۲۳

مراجع

[1] K. Morrow, D. Karner, and J. Francfort, "Plug-in Hybrid Electric Vehicle Charging Infrastructure Review", The Idaho National Laboratory, Tech. Rep., 2008.

[2] Z. Fan, "A Distributed Demand Response Algorithm and Its Application to PHEV Charging in Smart Grids",

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]

IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 3, No. 3, PP. 1280–1290, Sept. 2012.

[3] W. Kempton, and J. Tomic, “Vehicle-to-Grid Power Implementation: From Stabilizing the Grid to Supporting Large-scale Renewable Energy”, J. Power Sources, Vol. 144, No. 1, PP. 280–294, 2005.

[4] J. R. Pillai, and B. Bak-Jensen, “Impacts of Electric Vehicle Loads on Power Distribution Systems,” in Proceedings of the IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Sept. 2010.

[5] Z. Darbai, and M. Ferdowsi, “Aggregated Impact of Plug-in Hybrid Electric Vehicles on Electricity Demand Profile,” IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 2, No. 4, PP. 501–508, Oct. 2011.

[6] S. Shao, M. Pipattanasomporn, and S. Rahman, “Grid Integration of Electric Vehicles and Demand Response with Customer Choice,” IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 3, No. 1, PP. 543–550, Mar. 2012.

[7] X. Yu, “Impacts Assessment of PHEV Charge Profiles on Generation Expansion Using National Energy Modeling System”, in Proc. IEEE Power & Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, PP. 1_5, 2008.

[8] W. Kempton, “A Test of Vehicle-to-Grid (V2G) for Energy Storage and Frequency Regulation in the PJM System”, Results from an Industry- University Research Partnership, 2008.

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

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

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

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

[13] M. amini, I. Sarwat, “Optimal Reliability-based Placement of Plug-In Electric Vehicles in Smart Distribution Network”, International Journal of Energy Science (IJES), Vol.4, P.P 43-49, April 2014.

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

[15] S. A. Arefifar, Y. A.- R. I. Mohamed, and T. H. M. EL-Fouly, “Optimum Microgrid Design for Enhancing Reliability and Supply-Security”, IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 4, PP. 1567 – 1575, Aug. 2013.

[16] H. R. Esmaeilian, M. M. Hosseini Bioki, M. Rashidinejad, and A. Abdollahi, “Economic-Driven Measure in Constructing a V2G Parking Lot from DisCo Perspective”, International Journal of Economics and Management Engineering (IJEME), Vol. 2, Issue 3, PP. 117-124, Aug. 2012.

[17] Y. M. Attwa, and E. F. E1-Saadany, “Reliability Based Analysis for Optimum Allocation of DG”, IEEE Canada Electrical Power Conference, 2007.

[18] R. Parasher, "Load Flow Analysis of Radial Distribution Network using Linear Data Structure", Master of Technology, Rajasthan Technical University, Kota, October, 2013

[۱۹] محمدرضا آقاابراهیمی، مهدی تورانی، محمد مهدی قاسمی پور، "مکان‌یابی پارکینگ خودروهای الکتریکی با در نظر گرفتن اطلاعات GIS و وسعت مناطق شهری"، هوش محاسباتی در مهندسی برق، سال پنجم، شماره چهارم، صفحه ۸۴ - ۷۱، دانشگاه اصفهان، زمستان۹۳.

[Downloaded from ieijqp.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.23222344.1394.4.2.4.9]