Archive of SID

مدیریت بهینه انرژی در پارکینگ خودروهای الکتریکی جهت افزایش سود صاحبان پارکینگ

سمیه یارکرمی[۱]، دیاکو عزیزی[۲] و احمد سیروس[۳]
[۱] دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران، somayarkarami@gmail.com
[۲] گروه مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران ، azizi.d@wtiau.ac.ir
[۳] دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران ، ahmadsiroos@yahoo.com

چکیده – پارکینگ‌های شهری از بهترین مکانها برای استفاده از خودروهای الکتریکی جهت اتصال به شبکه و همچنین شارژ و دشارژ آنها می‌باشند. در این مقاله با استفاده از الگوریتمهای هوشمند بهینه سازی، مدیریت انرژی در پارکینگ خودروهای الکتریکی با رویکرد افزایش سود صاحبان پارکینگ انجام گرفته است. بکمک روشهای ابتکاری جهت قیمت گذاری انرژی فروخته شده به مالکین خودروها و نیز انرژی تزریقی به شبکه با استفاده از قابلیت *V2G*[۱] الگویی ارائه شده است که در عین بیشترین سودآوری برای صاحب پارکینگ، کاهش هزینه های مالک خودروها را نیز تضمین می کند. در ضمن الگوی شارژ و دشارژ پیشنهادی از سیاست خرید انرژی در ساعات کم باری و تزریق به شبکه در ساعات پرباری نیز پیروی خواهد نمود. در الگوی پیشنهادی مدیریت پارکینگ، برای تک تک خودروها بصورت مجزا برنامه ریزی شارژ و دشارژ انجام خواهد گرفت. و هر خودرو در زمان ورود سریعا از هزینه خود مطلع شده و بر اساس میزان کاهش هزینه ها در حالت *V2G* ، دید بهتری نسبت به انتخاب یا عدم انتخاب برنامه های *V2G* خواهد داشت. الگوریتم هوشمند بهینه سازی استفاده شده در این تحقیق جهت یافتن الگوی شارژ و دشارژ بهینه خودروها الگوریتم بهینه سازی *PSO*[۲] می باشد. که از مناسبترین الگوریتمهای هوشمند با سرعت همگرایی بالا و پیاده سازی بسیار ساده می باشد.

کلید واژه- الگوریتم بهینه سازی PSO ، پارکینگ خودروهای الکتریکی، برنامه ریزی شارژ و دشارژ، V2G

۱- مقدمه

پارکینگ های شهری به دلیل ویژگی هایی که دارند (دسترسی آسان داشتن فضای پارک مناسب و امکان پارک طولانی مدت خودروها) مکان های بسیار مناسبی برای قرار گرفتن ایستگاه های شارژ خودروهای الکتریکی به شمار می روند. اما باید توجه داشت که پارکینگ های شهری معمولا دارای ظرفیت بالایی بوده و تعداد بسیار زیادی خودرو می توانند در آن ها به صورت همزمان پارک شوند و این امر موجب می‌شود که در هر زمان حجم عظیمی از توان الکتریکی برای شارژ باتری خودروها مورد نیاز باشد. بنابراین بهره‌برداری مناسب از یک پارکینگ خودروهای الکتریکی تنها در صورتی امکان پذیر خواهد بود که این حجم انبوه از توان به خوبی مدیریت و کنترل شود. در این ساختار پارکینگ در نقش یک خرده فروش عمل می‌کند. بدین معنا که صاحب پارکینگ انرژی الکتریکی را به طور مستقیم از بازار عمده فروشی خریداری کرده و آن را به تعدادی مصرف کننده کوچک که در این خودروهای الکتریکی هستند می‌فروشد. پس از آن بر مبنای ساختار پیشنهاد شده برای خرید و فروش انرژی الکتریکی یک چارچوب بهینه سازی هوشمند بکمک الگوریتم بهینه سازی PSO که تمامی ملاحظات مسئله کنترل شارژ و دشارژ در یک پارکینگ را پوشش می دهد پیشنهاد می شود. در مرحله اول قابلیت V2G خودروهای الکتریکی در نظر گرفته نمی شود . و خودروها صرفا به عنوان یک مصرف کننده در نظر گرفته

[1] Vehicle To Grid
[2] Particle Swarm Optimization

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شوند. در مرحله بعدی قابلیت V2G خودروهای الکتریکی نیز به مسئله وارد می شود. بدین معنا که خودروها دیگر صرفا به عنوان یکسری بار کنترل پذیر دیده نمی شوند بلکه به آن ها علاوه بر بار به عنوان منابع ذخیره سازی که می توانند در صورت لزوم انرژی الکتریکی موجود در باتری خود را به شبکه بازگردانند نگاه می شود و بر مبنای این فرض به طراحی یک روش برای کنترل شارژ و دشارژ آنها پرداخته می شود.

۲- مروری بر کارهای انجام شده

در سالهای اخیر بسیاری از مطالعات تمرکز خود را بر طراحی روشهای کنترل شارژ برای خودروهای الکتریکی که در ایستگاه های شارژ موجود در پارکینگ ها یا سایر مکان ها در حال شارژ شدن هستند قرار داده اند. در یک دسته بندی کلی می توان این مطالعات را بر مبنای هدف اصلی کنترل شارژ به سه گروه به صورت زیر تقسیم نمود:

گروه اول: مطالعاتی که تنها عملکرد شبکه و حداقل کردن تاثیرات نامطلوب شارژ خودروها بر آن را مدنظر قرار داده اند. به عنوان مثال مراجع [۱] تا [۵] به منظور حداقل کردن تاثیرات منفی شارژ خودروهای الکتریکی بر عملکرد شبکه روشهای کنترل شارژ مختلفی را ارائه نموده اند که از جمله مهممترین توابع هدف در نظر گرفته شده در آن ها می توان حداقل کردن تلفات حداکثر کردن ضریب بار پیک سایی حداقل کردن انحراف ولتاژ و حداقل کردن واریانس بار را نام برد.

گروه دوم: مطالعاتی که تنها رضایت صاحبان خودروها و تامین نیازمندی های آنها را مدنظر قرار داده اند. به عنوان مثال از جمله مهمترین توابع هدفی که در مراجع [۶] [۷] [۸] و [۹] برای روشهای کنترل شارژ پیشنهادی در نظر گرفته شده اند می توان حداکثر کردن سطح شارژ و حداقل کردن هزینه شارژ را نام برد.

گروه سوم: مطالعاتی که ترکیبی از اهداف دو گروه فوق را در نظر گرفته اند. به عنوان مثال در مراجع [۱۰] [۱۱] و [۱۲] روشهایی برای کنترل شارژ ارائه شده اند که علاوه بر در نظر گرفتن نیازمندی های و اولویت های صاحبان خودروها عملکرد مطلوب شبکه را نیز تضمین می کنند.

به طور کلی مساله کنترل شارژ خودروهای الکتریکی دارای سه بازیگر اصلی می باشد که عبارتند از: بهره بردار شبکه صاحب خودرو و بهره بردار ایستگاه شارژ . اما همانطور که در دسته بندی فوق مشاهده شد مطالعاتی که تاکنون انجام گرفته اند تنها دو بازیگر نخست را مورد توجه قرار داده اند و تقریبا تمامی آنها از بهره برداران ایستگاه های شارژ غافل شده اند. این در حالی است که صاحبان و بهره برداران ایستگاه های شارژ می توانند نقشی کلیدی در توسعه زیرساخت های شارژ مورد نیاز خودروهای الکتریکی ایفا کنند. لذا در در این مقاله به منظور پوشش دادن خلا موجود در تحقیقات هدف اصلی روش پیشنهاد شده برای کنترل شارژ خودروهای الکتریکی تامین اولویت های صاحبان و بهره برداران ایستگاه های شارژ قرار داده شده است. همچنین با توجه به اینکه در این مقاله از قابلیت V2G خودروهای الکتریکی نیز استفاده شده است. در ادامه به مرور مطالعات انجام گرفته در سالهای اخیر در این خصوص خواهیم پرداخت. این مطالعات را می توان بر مبنای نوع کارکردی که برای قابلیت V2G تعریف شده است به سه گروه عمده به صورت زیر تقسیم نمود:

گروه اول: مطالعاتی که از قابلیت V2G برای شرکت در بازار خدمات جانبی همچون تنظیم ولتاژ و فرکانس و تامین رزرو گردان استفاده نموده اند [۱۳] تا [۱۵] . بازار خدمات جانبی محیطی است که هر کدام از شرکت کنندگان آن می توانند در شرایط غیر قابل پیش بینی همچون خروج ناخواسته یک واحد تولید به عنوان پشتیبان عمل کرده و انرژی خود را در اختیار شبکه قرار دهند. یک مزیت عمده استفاده از خودروهای الکتریکی قابل اتصال به شبکه در بازارهای خدمات جانبی آن است که این خودروها می توانند توان الکتریکی را با سرعت بسیار بیشتری نسبت به سایر شرکت کنندگان بازار به شبکه تحویل دهند.

گروه دوم: مطالعاتی که از قابلیت V2G در راستای اجرای برنامه های پاسخ گویی بار همچون پیک سایی و پر کردن دره های منحنی بار بهره برده اند [۱۶] تا [۱۹] . در این دسته از مطالعات روشهایی برای کنترل نحوه شارژ و دشارژ خودروهای الکتریکی ارائه شده است که با هموارتر نمودن منحنی بار شبکه باعث افزایش بازدهی و بهبود پایداری و قابلیت اطمینان شبکه می شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

گروه سوم: مطالعاتی که از قابلیت V2G برای تامین منابع ذخیره سازی مورد نیاز برای جبران ماهیت تصادفی تولیدات تجدید پذیر استفاده کرده اند [۲۰] و [۲۱] . در این دسته از مطالعات به منظور مواجهه با عدم قطعیت های ذاتی مربوط به توان تولیدی انرژی های تجدید پذیر از خودروهای الکتریکی به عنوان مکمل همراه با مزارع بادی و خورشیدی استفاده شده است. در مرجع [۲۲] نشان داده شده است که از بین کاربردهای بیان شده برای قابلیت V2G خودروهای الکتریکی پیک سایی کمترین سود و تنظیم ولتاژ و فرکانس بیشترین سود را برای صاحبان خودروها ایجاد می کند. نتایج مطالعات انجام شده در مرجع [۲۳] نیز نشان می دهد که سود سالانه حاصل شده برای یک خودرو در کشور آمریکا قادر به تامین توان ۱۰kw می باشد برای تنظیم ولتاژ و فرکانس بین ۲۴۹۷ تا ۳۲۸۵ دلار و برای تامین رزرو گردان بین ۹۲۰ تا ۱۱۱۷ دلار می باشد.

یک نکته قابل توجه ان است که چون از دید شبکه هرکدام از خودروها به تنهایی دارای ظرفیت بسیار ناچیزی می باشند. وجود تعدادی نهاد گردآورنده برای یکپارچه کردن و مدیریتی مجموعه ای از خودروها و عرضه آن ها به شبکه به صورت واحد ضروری می‌باشد. به همین دلیل یکی از موضوعات مهم پوشش داده شده در هر سه گروه فوق پرداختن به مسائل مختلف مرتبط با نهادهای گردآورنده است. با کمی دقت می توان دریافت که یک پارکینگ به دلیل تحت پوشش قرار دادن تعداد بسیار زیادی خودرو الکتریکی به صورت همزمان میتواند به عنوان یک نهاد گردآورنده عمل نموده و با بهره گیری از قابلیت V2G خودروها از دید شبکه به عنوان یک منبع ذخیره سازی یکپارچه با ظرفیتی قابل توجه ظاهر شود.

در این مقاله از قابلیت V2G خودروهای الکتریکی موجود در پارکینگ تنها در راستای اجرای برنامه های پاسخ گویی بار (دریافت توان در ساعات کم باری و بازگرداندن آن به شبکه در ساعات پرباری) استفاده می‌شود و از پرداخت به دو کاربرد دیگر (شرکت در بازار خدمات جانبی و جبران ماهیت تصادفی تولیدات تجدید پذیر) به دلیل پیچیدگی های آنها و دور شدن از مسیر اصلی پروژه خودداری می شود.

۳- چارچوب مطالعات مدیریت انرژی در پارکینگ

۳-۱- شرح مسئله

صاحبان و بهره برداران پارکینگ های شهری عموما سرمایه گذاران خصوصی هستند که مهمترین نگرانی های آنها حداکثر کردن نرخ بازگشت سرمایه و حداقل کردن ریسک سرمایه گذاری می باشد. نرخ بازگشت سرمایه عبارت است از نسبت درآمد سالیانه حاصل از یک سرمایه گذاری به مقدار اولیه آن و ریسک سرمایه گذاری نیز به معنای احتمال آن است که نرخ بازگشت واقعی یک سرمایه گذاری از مقدار مورد انتظار سرمایه گذار کمتر باشد. با توجه به تعاریف ارائه شده واضح است که دو عامل فوق کاملا وابسته به سودآور بودن سرمایه گذاری انجام شده می باشند. بنابراین به سادگی می توان دریافت که مهمترین اولویت صاحبان پارکینگ ها به عنوان سرمایه گذاران خصوصی حداکثر کردن سود خود می باشد. در این مقاله تمرکز بر ایستگاه شارژی است که در یک پارکینگ شهری قرار دارد و لذا بهره بردار ایستگاه شارژ همان صاحب پارکینگ می باشد. بنابراین با توجه به آنچه که بیان شد می توان نتیجه گرفت که مهمترین اولویت بهره بردار ایستگاه شارژی که در یک پارکینگ شهری قرار گرفته است حداکثر کردن سود حاصل از فروش انرژی الکتریکی به صاحبان خودروهای الکتریکی می باشد. بر همین مبنا تابع هدف روش کنترل شارژی که در این مقاله ارائه می شود حداکثر کردن سود بهره بردار ایستگاه شارژ که همان صاحب پارکینگ می باشد در نظر گرفته شده است.

سود صاحب پارکینگ از تفاضل درآمدهای حاصل از فروش شارژ به صاحبان خودروهای الکتریکی و هزینه های ناشی از خرید انرژی الکتریکی از شبکه بدست می آید. بنابراین برای محاسبه سود خالص حاصل شده باید تمامی عواملی که به نوعی در هزینه ها و درآمدهای صاحب پارکینگ مشارکت دارند به طور واضح مشخص شوند.

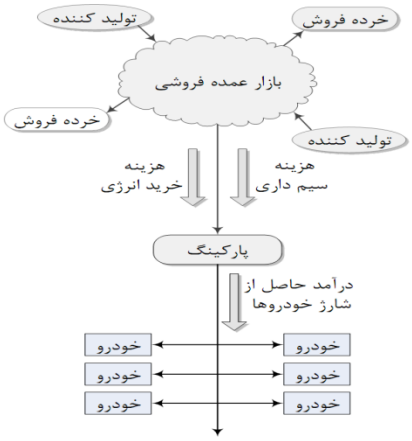
۳-۲- ساختار پی‌شنهاد شده برای خری‌د و فروش انرژی الکتری‌کی

در این قسمت به منظور روشن شدن هزینه ها و درآمدهای کلی صاحب پارکینگ یک ساختار ساده و در عین حال مفید برای خرید و

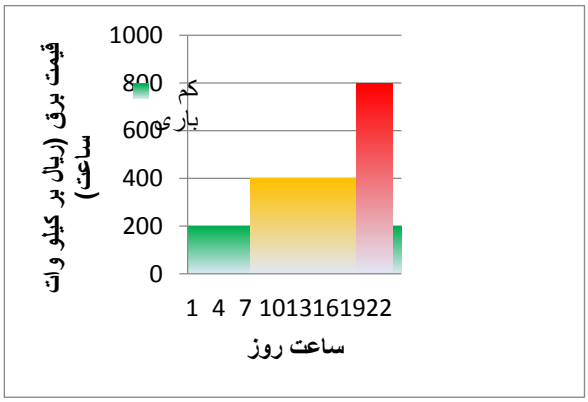
www.SID.ir

Archive of SID

فروش انرژی الکتریکی پیشنهاد شده است. در این ساختار همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: ساختار پیشنهاد شده برای خرید و فروش انرژی الکتریکی در پارکینگ



شکل ۲: نمونه ای از یک تعرفه زمان استفاده (ToU) سه سطحی

صاحب پارکینگ انرژی الکتریکی مورد نیاز برای شارژ خودروها را به طور مستقیم از بازار عمده‌فروشی خریداری کرده و با پرداخت هزینه سیم‌داری شبکه توزیع انرژی الکتریکی خریداری شده را دریافت کرده و با استفاده از یک تعرفه از پیش تعیین‌شده به صاحبان خودروها می‌فروشد. بنابراین هزینه‌های کلی انرژی الکتریکی دریافت شده شامل هزینه خرید انرژی از بازار عمده‌فروشی و هزینه سیم داری شبکه توزیع می‌باشد و درآمدهای کلی صاحب پارکینگ نیز از فروش انرژی الکتریکی به صاحبان خودروها حاصل می‌شود. نکته قابل توجه آن است که ساختار پیشنهاد شده باعث می‌شود که پارکینگ به صورت یک خرده‌فروش عمل کند. زیرا صاحب پارکینگ انرژی الکتریکی را به طور مستقیم از بازار عمده‌فروشی خریداری کرده و آن را به مصرف‌کنندگان کوچکتر که خودروهای الکتریکی هستند می‌فروشد. در ساختار خرید انرژی از بازار عمده فروشی قیمت انرژی از پیش تعیین شده نیست و بسته به شرایط بازار برق قیمت انرژی متغیر خواهد بود. ساختار دیگری که میتوان برای خرید انرژی صاحبان پارکینگ ازشبکه در نظر گرفت ساختار مشابه مشترکین دیماندی می باشد که در ایران با قیمت ثابت برای بازه های زمانی می باشد.در این ساختار تعرفه ای که برای خرید انرژی انتخاب شده است تعرفه زمان استفاده (TOU[3]) می باشد. این تعرفه یک روش قیمت گذاری مبتنی بر زمان است که در آن قیمت انرژی الکتریکی در یک سری دوره های زمانی از پیش تعیین شده (مثلا پرباری میان باری و کم باری) دارای مقادیر متفاوتی می باشد. این موضوع در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در این تعرفه قیمت گذاری به صورت پله ای انجام می شود بدین معنا که در ساعت هایی که تقاضا برای انرژی الکتریکی بالاتر است قیمت نیز بالاتر در نظر گرفته می شود. رابطه (۱) مدل ریاضی یک تعرفه TOU سه سطحی را نشان می دهد.

$$P_k^{TOU} = \begin{cases} \alpha & if \quad k \in T_1 \\ \beta & if \quad k \in T_2 \\ \gamma & if \quad k \in T_3 \end{cases} \qquad (۱)$$

[3] Time Of Use

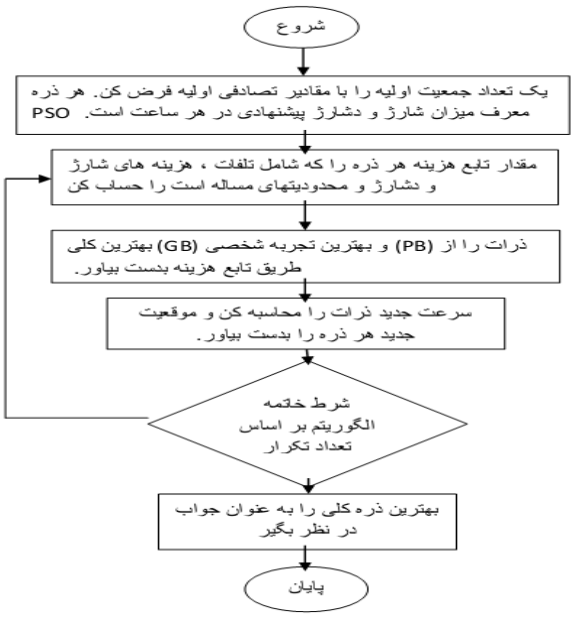
www.SID.ir

Archive of SID

بر مبنای ساختاری که در این قسمت برای خرید و فروش انرژی الکتریکی ارائه گردید سیستم مدیریت انرژی پارکینگ دارای دو طرح مختلف برای تامین انرژی خواهد بود که در طرح اول با در نظر گرفتن تغییرات لحظه‌ای قیمت بازار عمده فروشی و یا در طرح دوم سطوح مختلف تعرفه TOU انرژی مورد نیاز را از شبکه دریافت نموده و با توجه به نیازها و قیود تعیین شده از سوی صاحبان خودروهای الکتریکی مقادیر بهینه توان الکتریکی اختصاص داده شده به هر کدام از خودروها را در بازه‌های زمانی مختلف مشخص می‌کند. ساختار مسئله بهینه سازی که باید توسط سیستم مدیریت انرژی پارکینگ حل شود در قسمت بعد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴- الگوریتم بهینه سازی PSO

هدف اصلی الگوریتم بهینه سازی یافتن این ۲۴ حالت یا اولیه در نظر میگیریم. که با استفاده از روش الگوریتم فضای حالت مساله را برای رسیدن به بهترین جواب جستجو می کنند. هر عضو جمعیت را یک ذره می نامیم و هر ذره دارای یک طول رشته می باشد.



شکل ۳: فلوچارت کلی الگوریتم مساله

۴-۱- بررسی پی‌اده سازی الگوری‌تم مساله

برای پیاده سازی الگوریتمها و موارد مفروض در این مساله از نرم افزار MATLAB استفاده شده است. برنامه شامل دو تابع PSO و cost می باشد. تابع pso مساله بهینه سازی را طبق الگوریتم مورد نظر ما حل می کند که برای محاسبه تابع هزینه ذرات از تابع cost استفاده می شود.

۵- داده ها و فرضیات مورد نیاز برای انجام مطالعات

داده ها و فرضیاتی که برای انجام مطالعات عددی مورد نیاز هستند را می توان مطابق شکل ۴ به سه گروه شامل داده های ترافیکی پارکینگ داده های قیمت برق و مشخصات شارژ باتری خودروها تقسیم بندی نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۴: داده های مورد نیاز مسأله

۵-۱- داده های ترافی‌کی پارکی‌نگ

واضح است که یکی از امور ضروری به هنگام انجام هر گونه مطالعه در ارتباط با پارکینگ خودروهای الکتریکی جمع آوری داده های مربوط به زمان های ورود و خروج خودروها می باشد. اکثر مطالعاتی که تاکنون در ارتباط با شارژ خودروهای الکتریکی در پارکینگ‌ها انجام شده اند این داده ها را با استفاده از توابع توزیع نرمال بدست آورده اند.اما در این مقاله دیدگاه متفاوتی را در پیش گرفته ایم. بدین ترتیب که برنامه ریزی شارژ و دشارژ برای یک خودرو بصورت مستقل انجام می‌گیرد. و بدون توجه به خودروهای دیگر و تعداد خودروهای در پارکینگ برنامه ریزی شارژ و دشارژ با هدف بیشترین سود به مالک پارکینگ انجام خواهد گرفت. بنابراین در برنامه ریزی انجام گرفته فرض می‌شود که یک خودرو وارد پارکینگ می‌شود و مدت زمان مشخصی را در پارکینگ توقف خواهد نمود. و با توجه به میزان شارژ اولیه باتری خودرو در زمان ورود به پارکینگ مشخصات فنی باتری خودرو و نیز مدت زمان توقف در پارکینگ الگوی شارژ و دشارژ هر خودرو بصورت مستقل توسط الگوریتم بهینه سازی تعیین می شود.

۵-۲- مشخصات شارژ باتری خودروها

هنگامی که یک خودرو الکتریکی وارد پارکینگ می شود سیستم مدیریت انرژی اطلاعاتی همچون سطح شارژ اولیه باتری سطح شارژ مطلوب صاحب خودرو ظرفیت باتری و حداکثر نرخ شارژ باتری را دریافت کرده و بر اساس آن ها برنامه بهینه شارژ را مشخص می کند. بنابراین در اختیار داشتن این اطلاعات برای انجام مطالعات ضروری می باشد. در این پایان نامه به دلیل عدم وجود داده های واقعی در ارتباط با مشخصات شارژ خودروهای الکتریکی از یک سری فرضیات استفاده شده است که در ادامه به بررسی آنها پرداخته می شود.

۵-۳- سطح شارژ اولی‌ه

سطح شارژ اولیه در واقع درصد انرژی باقیمانده در باتری خودرو به هنگام ورود آن به پارکینگ می باشد. این مشخصه کاملا به مسافت روزانه طی شده توسط خودرو بستگی دارد و از سوی دیگر می توان اثبات کرد که مسافت روزانه طی شده توسط یک خودرو دارای توزیع نرمال می باشد. [۲۴] و [۲۵] .بنابراین می توان نتیجه گرفت که سطح شارژ اولیه خودروهایی که به پارکینگ وارد می شوند از توزیع نرمال پیروی می کند. به همین دلیل در این جا این مشخصه توسط کاربر مشخص می شود . ولی می دانیم که شکل کلی آن برای یک تعداد زیاد خودرو بصورت تابع توزیع نرمال خواهد بود.

۵-۴- سطح شارژ مطلوب صاحب خودرو

سطح شارژ مطلوب صاحب خودرو در واقع درصد انرژی است که باید به هنگام خروج خودرو از پارکینگ در باتری آن موجود باشد. واضح است که صاحبان خودروها معمولا سطح شارژ مطلوب را نزدیک به ۱۰۰٪ انتخاب می کنند و به همین دلیل این مشخصه در اینجا به عنوان یک عدد که توسط کاربر جهت شبیه سازی تعیین میشود . در نظر گرفته می شود که توصیه می شود جهت واقعی تر بودن شبیه سازی ها در بازه ۸۰٪ تا ۱۰۰٪ در نظر گرفته شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۵- ظرفیت باتری

ظرفیت باتری در تعیین میزان انرژی الکتریکی مورد نیاز خودروها یک عامل کلیدی به شمار می رود. به همین دلیل به منظور بدست آوردن یک محدوده مناسب برای این مشخصه بررسی جامعی بر روی ظرفیت باتری انواع خودروهای الکتریکی موجود بر اساس اطلاعات ارائه شده در مرجع [۲۶] انجام گرفت. نتایج بررسی ها نشان دادند که ظرفیت باتری بیش از ۹۰٪خودرو ها در بازه ۵ تا ۳۵ کیلو وات ساعت قرار دارد. از این رو در اینجا ظرفیت باتری خودروها به صورت یک عدد در همین بازه توسط کاربر جهت انجام شبیه سازی تعیین خواهد شد.

۵-۶- حداکثر نرخ شارژ باتری

این مشخصه در واقع نشان دهنده حداکثر توان شارژی است که می تواند به یک باتری اعمال شود. بیشتر مطالعاتی که تاکنون در ارتباط با شارژ خودروهای الکتریکی انجام شده اند حداکثر نرخ شارژ را برای تمام خودرو ها یک مقدار ثابت و یکسان (مثلا ۱۰kw) در نظر گرفته اند. [۶] [۷] [۸]. در حالی که این مشخصه وابسته به ظرفیت باتری می باشد. دسته دیگری از مطالعات حداکثر نرخ شارژ را به عنوان ضریبی از ظرفیت باتری (C) و به صورت ۲C/.، ۱C، ۲Cو ... در نظر گرفته اند [۲۴] و [۲۷] که فرض معقولی به نظر می رسد. بنابراین این پارامتر نیز به عنوان یک عدد قابل تعیین توسط کاربر در نظر گرفته می شود.

۶- الگوی شارژ خودروها و بررسی حالت V2G

بطور کلی میخواهیم اثر قابلیت V2G را در افزایش سود صاحب پارکینگ و در عین حال مالک خودرو بررسی کنیم. بر این اساس ابتدا یک خودرو را در نظر می گیریم.مقادیر پارامترهای جدول زیر توسط مالک خودرو هنگام ورود به پارکینگ تعیین می شوند. که شامل ساعت ورود و خروج از پارکینگ میزان شارژ اولیه باتری خودرو ظرفیت باتری خودرو و درصد شارژ مطلوب هنگام خروج از پارکینگ می باشد. همچنین با توجه به نوع باتری حداکثر سرعت شارژ و دشارژ باتری نیز تعیین می شود.بر اساس داده ها و اطلاعات مفروض الگوریتم را برای دو حالت بدون تزریق به شبکه و با تزریق به شبکه اجرا نموده ایم که نتایج بدست آمده در ادامه خواهد آمد. همچنین پارامترهای جدول فوق نیز که شامل قیمت انرژی قیمت تخفیف انرژی در کم باری و جریمه انرژی در پرباری می‌باشد همچنین ضریب قیمت انرژی شارژ و دشارژ نیز آمده است. باتری ۲۰kwh می‌باشد و شارژ اولیه نیز ۲۰٪ است.

جدول۲: پارامترهای اولیه ورودی توسط صاحب پارکینگ

پارامتر	مقدار
زمان ورود خودرو	۷
زمان خروج خودرو	۲۳
درصد شارژ اولیه	٪۲۰
ظرفیت باتری	kwh۲۰
درصد شارژ نهایی	٪۹۰
ماکزیمم نرخ شارژ	kW/h۱۰
ماکزیمم نرخ دشارژ	kW/h۲۰

جدول۱: پارامترهای ورودی توسط مالک خودرو

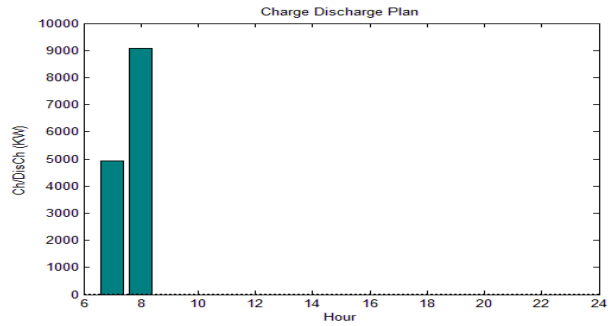
پارامتر	مقدار
قیمت انرژی	۵۰۰ Rial/Kwh
نرخ تخفیف مصرف کم‌باری	۱۰۰Rial/Kwh
نرخ اضافه‌هزینه مصرف پرباری	۱۵۰Rial/Kwh
ضریب قیمت شارژ	۱/۲۱
ضریب قیمت دشارژ	۱/۱

www.SID.ir

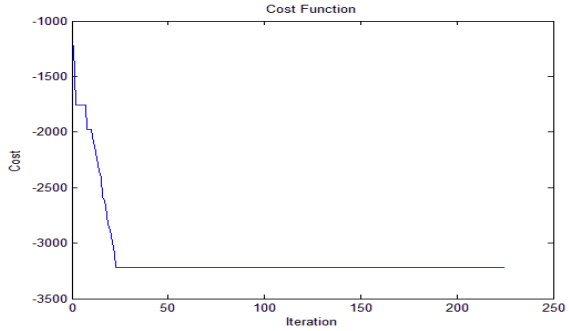
Archive of SID

بنابراین شارژ اولیه باتری ۴kwh بوده و با شارژ باتری به میزان ۹۰٪ باتری به میزان ۱۴kwh شارژ میشود. و در نهایت شارژ نهایی آن ۱۸kwh خواهد شد.

منحنی همگرایی الگوریتم بصورت شکل زیر است که نشان از همگرایی سریع الگوریتم دارد. اجرای این الگوریتم تقریبا ۲۳ ثانیه طول می کشد. با وجود اینکه تکرار الگوریتم بیش از ۲۰۰ بار انجام گرفته است. ولی در تکرار بیستم به جواب نهایی مساله رسیده است.

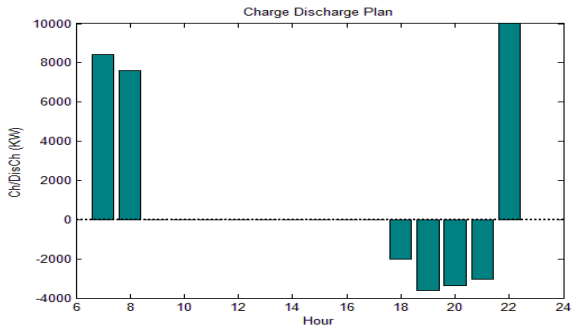


شکل ۵: الگوی شارژ خودرو در حالت بدون تزریق به شبکه

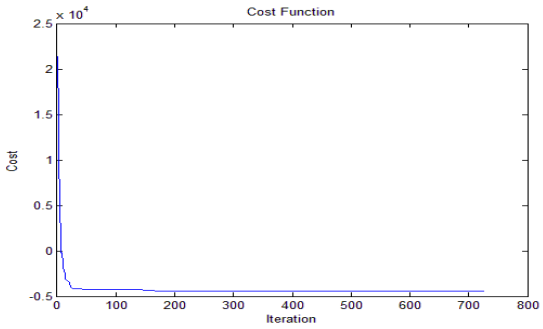


شکل۶: منحنی همگرایی اجرای الگوریتم در حالت بدون تزریق به شبکه

هزینه ها و سود ناشی از شارژ خودرو در حالت بدون تزریق به شبکه عبارت است از هزینه شارژ خودرو برای مالک خودرو ۸۸۲۰ ریال می باشد. هزینه صاحب پارکینگ برای خرید انرژی از شبکه سراسری ۵۶۰۰ ریال است. و در نتیجه سود صاحب پارکینگ ۳۲۲۰ ریال خواهد شد.با اجرای الگوریتم برای حالت با تزریق به شبکه الگوی شارژ بصورت فوق بدست می اید. با توجه به اینکه ظرفیت باتری ۲۰kwh می‌باشد و شارژ اولیه نیز ۲۰٪ است بنابراین شارژ اولیه باتری ۴kwh بوده و با شارژ باتری به میزان ۹۰٪ باتری به میزان ۱۴kwh شارژ میشود. و در نهایت شارژ نهایی آن ۱۸kwhخواهد شد. در ساعات کم باری ابتدا باتری شارژ شده و در ساعات پرباری دشارژ می‌شود. یعنی با قیمت ارزانتر شارژ شده و با قیمت گرانتر انرژی به شبکه می فروشد. و در نهایت در ساعت انتهایی که ساعت میانباری است. دوباره برای رسیدن به شارژ مطلوب شارژ می شود. منحنی همگرایی الگوریتم بصورت شکل زیر است که نشان از همگرایی سریع الگوریتم دارد. اجرای این الگوریتم تقریبا ۶۱ ثانیه طول می کشد. با وجود اینکه تکرار الگوریتم بیش از ۷۰۰ بار انجام گرفته است. ولی در تکرار ۵۰۰ به جواب نهایی مساله رسیده است.



شکل ۷: الگوی شارژ خودرو در حالت با تزریق به شبکه



شکل ۸: منحنی همگرایی اجرای الگوریتم در حالت با تزریق به شبکه

هزینه ها و سود ناشی از شارژ خودرو در حالت با تزریق به شبکه عبارت است از هزینه شارژ خودرو برای مالک خودرو در این حالت ۸۰۶۴ ریال می باشد. که با توجه به هزینه ۸۸۲۰ ریال در حالت قبلی۷۵۶ ریال کاهش هزینه برای مالک خودرو خواهیم داشت. همچنین هزینه صاحب پارکینگ برای خرید انرژی از شبکه سراسری در این حالت ۳۶۰۰ ریال است و با توجه به هزینه ۵۶۰۰ ریال در حالت قبل ۲۰۰۰ ریال کاهش هزینه برای صاحب پارکینگ خواهیم داشت. و در نتیجه سود صاحب پارکینگ که در حالت قبل ۳۲۲۰

www.SID.ir

Archive of SID

ریال بود با افزایش ۱۲۴۴ ریالی به ۴۴۶۴ ریال رسیده است. مشاهده می شود که استفاده از قابلیت V2G سود صاحب پارکینگ را ۳۸,۶ درصد افزایش داده و هزینه مالک خودرو را نیز ۸/۶ درصد کاهش داده است.

۶-۱- نرخ انرژی فروخته شده و خریداری شده از مالک خودروهای الکتریکی

حضور خودرو در پارکینگ در سه زمان کم باری میان باری و پرباری خواهد بود. با توجه به اینکه قیمت خرید انرژی توسط صاحب پارکینگ از شبکه سراسری در سه زمان کم باری میان باری و پرباری متفاوت است.

روش اول پیشنهادی بدین صورت است که به میزان ساعت حضور خودرو در پارکینگ از قیمت انرژی میانگین گرفته شود. و در نهایت در یک ضریب سود ضرب گردد. که بصورت رابطه ۲ خواهد بود:

$$\text{Price}_{ch} = Index_{ch} \times \frac{\sum_{i=H_{in}}^{H_{out}} Price(i)}{H_{out}-H_{in}} \qquad (۲)$$

$$\text{Price}_{ch} = Index_{ch} \times \frac{\sum_{i=1}^{24} Price(i)}{24} \qquad (۳)$$

که در آن H_{in} زمان ورود خودرو به پارکینگ و H_{out} زمان خروج از پارکینگ می باشد. بنابراین اگر زمان حضور خودرو در پارکینگ بیشتر در زمانهای کم باری باشد نرخ شارژ ارزانتر و اگر در زمانهای پرباری باشد نرخ شارژ بیشتر خواهد بود. اما در هر صورت الگوریتم ترجیحا سراغ ساعت های با نرخ انرژی کمتر جهت شارژ خودروها خواهد رفت و نسبت به حالت قبلی بسیار منطقی تر خواهد بود.

روش دیگری که به عنوان الگوی قیمت گذاری نرخ انرژی میتوان در نظر گرفت یک قیمت میانگین از ۲۴ ساعت شبانه روز است که در واقع نرخ متوسط قیمت انرژی در آن روز می باشد.که بصورت رابطه ۳ خواهد بود.

البته روش دیگری نیز میتواند پیشنهاد شود بدین صورت که قیمت انرژی فروخته شده به قیمت روز بازار وابسته نباشد. و یک قیمت ثابت ابلاغی از نهادهای نظارتی و دولتی باشد. که در قیمت گذاری آن تمام عوامل تاثیر گذار در مدیریت پارکینگ های خودروهای الکتریکی در نظر گرفته شده باشد.اگر خودرو ها اجازه استفاده از قابلیت V2G را به صاحب پارکینگ بدهند. از این کار باید سودی عایدشان شود اما نرخ خرید انرژی توسط صاحب پارکینگ از خودروهای الکتریکی چگونه باید باشد. واضح است که نرخ دشارژ باید گرانتر از نرخ شارژ باشد.رابطه کلی نرخ دشارژ بصورت رابطه ۴خواهد بود:

$$\text{Price}_{dch} = Index_{dch} \times \text{Price}_{ch} \qquad (۴)$$

هرچه ضریب شارژ را بزرگتر در نظر بگیریم. هزینه مالک خودرو بیشتر شده و سود صاحب پارکینگ بیشتر می شود. اما هرچه ضریب دشارژ را بزرگتر در نظر بگیریم هزینه مالک خودرو کاهش یافته و سود صاحب پارکینگ هم کاهش می یابد. ابتدا به دنبال مقدار مناسب ضریب شارژ خواهیم بود. زیرا ممکن است بسیاری از خودروها در برنامه V2G شرکت نکنند و تمایل داشته باشند که تنها باتری خودرو آنها شارژ شود. در جدول۵ به ازای مقادیر مختلف ضریب شارژ میزان سود صاحب پارکینگ و هزینه مالک خودرو آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ : نتایج آزمایشات خودرو ۱ و هزینه ها و سود به ازای مقادیرمختلف ضریب قیمت شارژ در حالت بدون تزریق به شبکه

سود صاحب پارکینگ	هزینه صاحب پارکینگ	هزینه مالک خودرو	ضریب قیمت شارژ
۱۷۵۰	۵۶۰۰	۷۳۵۰	۱
۲۱۱۷/۵	۵۶۰۰	۷۷۱۷/۵	۱/۰۵
۲۴۸۵	۵۶۰۰	۸۰۸۵	۱/۱
۲۸۵۲/۵	۵۶۰۰	۸۴۵۲/۵	۱/۱۵
۳۲۲۰	۵۶۰۰	۸۸۲۰	۱/۲
۳۵۸۷/۵	۵۶۰۰	۹۱۸۷/۵	۱/۲۵
۳۹۵۵	۵۶۰۰	۹۵۵۵	۱/۳
۴۳۲۲/۵	۵۶۰۰	۹۹۲۲/۵	۱/۳۵
۴۶۹۰	۵۶۰۰	۱۰۲۹۰	۱/۴
۵۰۵۷/۵	۵۶۰۰	۱۰۶۵۷/۵	۱/۴۵
۵۴۲۵	۵۶۰۰	۱۱۰۲۵	۱/۵

جدول ۶ : نتایج آزمایشات خودرو ۲ و هزینه ها و سود به ازای مقادیر مختلف ضریب قیمت شارژ در حالت بدون تزریق به شبکه

سود صاحب پارکینگ	هزینه صاحب پارکینگ	هزینه مالک خودرو	ضریب قیمت شارژ
0	۵۶۰۰	۵۶۰۰	۱
۲۸۰	۵۶۰۰	۵۸۸۰	۱/۰۵
۵۶۰	۵۶۰۰	۶۱۶۰	۱/۱
۸۴۰	۵۶۰۰	۶۴۴۰	۱/۱۵
۱۱۲۰	۵۶۰۰	۶۷۲۰	۱/۲
۱۴۰۰	۵۶۰۰	۷۰۰۰	۱/۲۵
۱۶۸۰	۵۶۰۰	۷۲۸۰	۱/۳
۱۹۶۰	۵۶۰۰	۷۵۶۰	۱/۳۵
۲۲۴۰	۵۶۰۰	۷۸۴۰	۱/۴
۲۵۲۰	۵۶۰۰	۸۱۲۰	۱/۴۵
۲۸۰۰	۵۶۰۰	۸۴۰۰	۱/۵

برای خودرو شماره ۲ که از ساعت ۷ تا ۹ یعنی در دو ساعت کم باری در پارکینگ حضور داشته است در جدول۶ آمده است.
از مطالب فوق به این نتیجه می رسیم که اگرچه برای حالت خودرو ۱ به ازای ضریب قیمت شارژ مقدار ۱ هم صاحب پارکینگ سود کرده است. ولی این سود ناشی از بیشتر بودن متوسط قیمت ساعات حضور خودرو در پارکینگ نسبت به قیمت انرژی در ساعت شارژ خودرو می باشد. و برای حالت دو که این متوسط قیمت و قیمت ساعت شارژ برابرند صاحب پارکینگ به ازای ضریب قیمت شارژ ۱ هیچ سودی نمی برد. بنابراین بر اساس حالت خودرو ۲ باید ضریب قیمت شارژ مناسب را تعیین نمود. در این مثال صاحب پارکینگ ۵۶۰۰ ریال جهت شارژ خودرو هزینه نموده است. و یک عدد مناسب جهت محاسبه سود صاحب پارکینگ میتواند افزایش ۲۰ درصد سود نسبت به هزینه انجام شده باشد. یعنی هزینه مالک خودرو بصورت زیر خواهد شد:

(۵) (هزینه صاحب پارکینگ) × (٪۲۰) + (هزینه صاحب پارکینگ) = هزینه مالک خودرو

برای انتخاب ضریب شارژ عدد ۱/۲ و یا مقادیر نزدیک به این عدد مقادیر مناسبی خواهند.
موضوع بعدی انتخاب مقدار مناسب ضریب دشارژ می باشد. به ازای ضریب شارژ ۱/۲ که در قسمت قبلی به آن رسیدیم برای مقادیر مختلف ضریب قیمت دشارژ هزینه های مالک خودرو و صاحب پارکینگ را با اجرای الگوریتم بدست می آوریم. سطر اول جدول زیر برای حالت بدون تزریق به شبکه از جداول قبلی به ازای ضریب شارژ ۱/۲ استخراج شده است. سطر دوم جدول نیز حالتی را نشان میدهد که قیمت شارژ و دشارژ برابر هستند. در این حالت باتری خودرو مدام شارژ و دشارژ میشود در حالی که هیچ سودی برای مالک آن ندارد. و بنابراین یک حالت غیر قابل قبول می باشد. در سطر آخر نیز که ضریب قیمت دشارژ ۱/۲۵ است. هزینه مالک خودرو بصورت غیر عادی افزایش یافته است. زیرا در این حالت قیمت دشارژ انقدر افزایش یافته که صاحب شبکه از تزریق به شبکه چندان سودی نخواهد برد. بنابراین افزایش بیش از حد این ضریب نیز مقدار مناسبی نمی باشد. دو عدد ۱/۱ و ۱/۱۵میتواند اعداد مناسبی باشند. زیرا برای حالت ضریب ۱/۱در مقایسه با حالت بدون تزریق به شبکه مالک خودرو ۷۵۸/۴ ریال کاهش هزینه و صاحب پارکینگ نیز ۱۲۴۱/۶ریال افزایش سود داشته است. و برای حالت ضریب ۱/۱۵ نیز هزینه مالک خودرو ۱۱۳۴/۱ ریال کاهش و سود صاحب پارکینگ ۸۶۵/۹ریال افزایش داشته است.

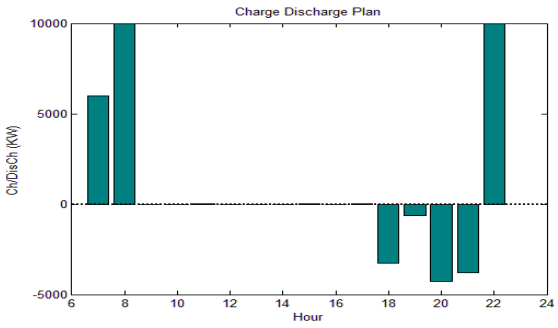
www.SID.ir

Archive of SID

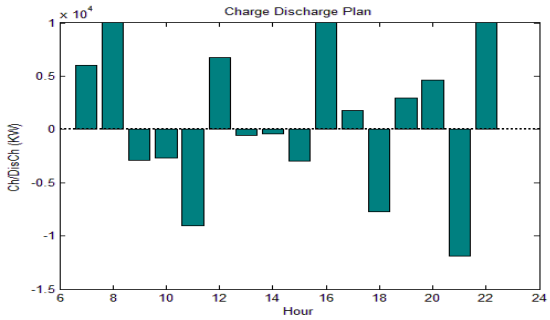
جدول ۷: نتایج آزمایشات خودرو ۱ و هزینه ها و سود به ازای مقادیر مختلف ضریب قیمت دشارژ به ازای ضریب شارژ ۱/۲

ضریب قیمت دشارژ	هزینه مالک خودرو	هزینه‌صاحب پارکینگ	سودصاحب پارکینگ
بدونV2G	۸۸۲۰	۵۶۰۰	۳۲۲۰
۱	۸۸۰۸/۶۶	۳۵۸۸	۵۲۲۰/۶۶
۱/۰۵	۸۴۴۲	۳۶۰۰/۱	۴۸۴۱/۹
۱/۱	۸۰۶۱/۶	۳۶۰۰	۴۴۶۱/۶
۱/۰۱۵	۷۶۸۵/۹	۳۶۰۰	۴۰۸۵/۹
۱/۲	۷۳۰۸	۳۶۰۰/۱	۳۷۰۷/۹
۱/۲۵	۸۵۰۵	۵۱۰۰	۳۴۰۴/۵

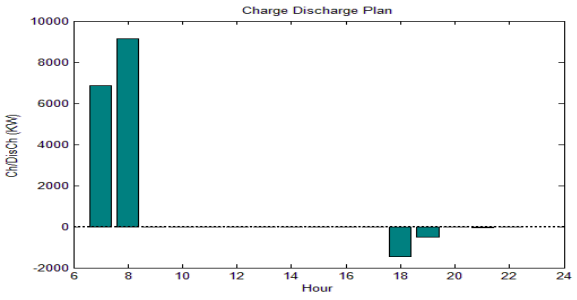
بنابراین ضریب کوچکتر برای زمانهایی که به دنبال سیاست گذاری سود بیشتر به صاحب پارکینگ باشیم اتخاذ خواهد شد. و ضریب بزرگتر را برای زمانهایی که به دنبال ترغیب مالکان خودرو به شرکت در برنامه های V2G باشیم انتخاب خواهیم کرد.



شکل ۹: الگوی شارژ خودرو به ازای ضریب شارژ ۱/۲ و ضریب دشارژ ۱



شکل ۱۰: الگوی شارژ خودرو به ازای ضریب شارژ ۱/۲ و ضریب دشارژ ۱/۱



شکل ۱۱: الگوی شارژ خودرو به ازای ضریب شارژ ۱/۲ و ضریب

www.SID.ir

Archive of SID

۶-۲- محدودی‌تهای شارژ کامل خودروها

خودروهای الکتریکی هنگام ورود به پارکینگ دارای یک شارژ اولیه می باشند و در مدت زمان حضور در پارکینگ باید به یک شارژ معین برسد. با توجه به ماهیت خودروهای الکتریکی که شارژ آنها به نسبت سوختهای فسیلی بسیار زمانبر بوده و همچنین هر بار شارژ آنها مسافت کمتری را تامین خواهد نمود. بنابراین بطور پیش فرض در هربار شارژ بهتر است که کامل شارژ شوند. همچنین با توجه به ماهیت باتری های این خودروها نیز بهتر است که هر بار تا کمترین حد مجاز دشارژ شده و سپس مجددا شارژ کامل شوند. با توجه به این موضوعات بهتر است که شارژ خودروها بصورت ۱۰۰٪یا عددی نزدیک به آن انجام گیرد. اما اگر مالک خودروی اجازه تزریق به شبکه یا قابلیت V2G را بدهد و درصد شارژ مطلوب مورد درخواست آن کمتر از صد درصد باشد. سود ناشی از تزریق به شبکه بیشتر خواهد شد. زیرا در زمانهایی میانی میتوان باتری را تا صد درصد شارژ نمود. و در زمانهای پرباری با قیمت بیشتر فروخت.در ادامه به ازای مقادیر مختلف درصد شارژ سود مالک خودرو و صاحب پارکینگ را بررسی می کنیم.

جدول ۸: سود صاحب پارکینگ و مالک خودرو به ازای درصدهای شارژ نهایی مختلف

با تزریق به شبکه			بدون تزریق به شبکه			میزان شارژ خودرو (کیلو وات)	درصد شارژ نهایی
سود صاحب پارکینگ	هزینه صاحب پارکینگ	هزینه مالک خودرو	سود صاحب پارکینگ	هزینه صاحب پارکینگ	هزینه مالک خودرو		
۴۵۴۹/۸	۴۹۰۰	۹۴۴۹,۸	۳۶۸۰	۶۴۰۰	۱۰۰۸۰	۱۶	۱۰۰
۴۵۰۷	۴۲۵۰	۸۷۵۷	۳۴۵۰	۶۰۰۰	۹۴۵۰	۱۵	۹۵
۴۴۶۳/۹	۳۶۰۰	۸۰۶۳,۹	۳۲۲۰	۵۶۰۰	۸۸۲۰	۱۴	۹۰
۴۴۲۰/۸	۲۹۵۰	۷۳۷۰,۸	۲۹۹۰	۵۲۰۰	۸۱۹۰	۱۳	۸۵
۴۳۷۷/۶	۲۳۰۰	۶۶۷۷,۶	۲۷۶۰	۴۸۰۰	۷۵۶۰	۱۲	۸۰
۴۲۹۱/۶	۱۰۰۰	۵۲۹۱,۶	۲۳۰۰	۴۰۰۰	۶۳۰۰	۱۰	۷۰
۴۲۰۶	-۳۰۰	۳۹۰۶	۱۸۴۰	۳۲۰۰	۵۰۴۰	۸	۶۰

۶-۳- بررسی همگرایی‌ی الگوری‌تم PSO و تعی‌ی‌ن پارامترهای مناسب آن

در این قسمت پارامترهای مهم و تاثیر گذار در الگوریتم PSO را بررسی کرده و تاثیر آنها را در سرعت همگرایی الگوریتم بررسی می کنیم. و همجنین زمان تقریبی اجرای الگوریتم را بدست می آوریم.

جدول ۱: سرعت همگرایی الگوریتم به ازای مقادیر مختلف تاثیر بهترین کلی ومحلی

تعداد تکرار	زمان اجرا (ثانیه)	تعداد ذرات	
۱۰۰۰	۳۵	۲۰۰	۱
۹۰۰	۵۵	۳۵۰	۲
۷۲۷	۶۵	۵۰۰	۳
۷۱۰	۹۰	۷۰۰	۴
۷۰۰	۱۱۸	۱۰۰۰	۵

جدول ۲: سرعت همگرایی الگوریتم به ازای تعداد ذرات مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

۶۷۰	۱۶۵	۱۵۰۰	۶

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله بکمک الگوریتمهای هوشمند بهینه سازی الگوی شارژ بهینه خودروهای الکتریکی در یک پارکینگ هوشمند را مورد تحلیل قرار می‌دهیم. بدین منظور یک خودرو الکتریکی با یک سری اطلاعات مفروض مانند میزان ظرفیت باتری و میزان شارژ اولیه را در نظر می‌گیریم. همچنین در زمان ورود خودرو به پارکینگ از مالک خودرو زمان تقریبی خروج از پارکینگ و نیز میزان درصد شارژ مطلوب در زمان خروج از پارکینگ پرسیده می‌شود. و بر اساس آن دو الگوی بهینه شارژ در دو حالت بدون V2G و با V2G ارائه شده و هزینه هرکدام به مالک ارائه می‌گردد. و با توجه به آن مالک خودرو تصمیم به استفاده از برنامه های V2G و یا عدم استفاده از آن می‌گیرد.درصورتی که مالک خودرو حالت بدون V2G را انتخاب کند هزینه بیشتری را متحمل خواهد شد. اما مزیت آن این است که باتری خودرو در معرض شارژ و دشارژ کمتری قرار خواهد گرفت. و این در طول عمر باتری موثر خواهد بود.

حل مساله در حالت بدون V2G بسیار ساده تر بوده و خیلی سریعتر همگرا می‌شود. که علت این امر آن است که چون تنها باید الگوی شارژ توسط الگوریتم طرح ریزی شود، الگوریتم سریعا به سراغ ساعتهای با قیمت انرژی پایین تر از دید خرید از شبکه سراسری خواهد رفت. تا سود صاحب پارکینگ را که از مابه تفاوت هزینه خرید انرژی از شبکه سراسری و هزینه فروش انرژی به مالک خودرو است، بیشتر کند. قیمت انرژی خریداری شده از شبکه سراسری بصورت الگویی تقریبی از فروش انرژی عمده‌فروشی در بازار بورس ایران می‌باشد. اما نکته بسیار مهم مربوط به نحوه قیمت گذاری انرژی فروخته شده به مالک خودرو و نیز انرژی خریداری شده از مالک خودرو جهت تزریق به شبکه می باشد. با توجه به اینکه جمع فروش انرژی به مالک خودرو باید بزرگتر از هزینه خرید انرژی از شبکه سراسری باشد تا صاحب پارکینگ سود کند. اگر قیمت گذاری انرژی فروخته شده به مالک خورو بصورت ضریبی از قیمت انرژی خرید از شبکه سراسری در همان ساعت باشد، الگوریتم جهت سود بیشتر صاحب پارکینگ به سراغ ساعتهای با قیمت انرژی بیشتر خواهد رفت که هم به ضرر مالک خودرو بوده و هم به ضرر مالک شبکه از دید عدم همکاری پارکینگ در ساعات پرباری خواهد بود. اما در عمل نباید اینچنین باشد. راهکاری که برای جلوگیری از این موضوع اتخاذ شده است این است که قیمت برق اگر چه در زمان خرید از شبکه سراسری در ساعات مختلف دارای قیمتهای مختلفی است اما در زمان فروش به مالک خودروها قیمت ثابتی داشته باشد.که به نوعی میانگینی از قیمت برق در ساعات حضور خوردو در پارکینگ خواهد بود. بنابراین با این فرض اگر صاحب پارکینگ خودرو الکتریکی را در هر ساعاتی شارژ کند هزینه شارژ یکسان خواهد بود. و تنها باید به فکر خرید انرژی از شبکه سراسری در ساعات با قیمت کمتر باشد. قیمت نهایی انرژی فروخته شده به مالک خودرو از ضرب میانگین قیمت انرژی در ضریب شارژ بدست می‌آید.که در خصوص مقدار این ضریب شارژ آزمایشاتی صورت گرفته است. و از نتایج چنین استنتاج می‌شود که مقدار ۱/۲برای این ضریب مقداری مناسب خواهدبود. همچنین در خصوص ضریب دشارژ نیز آزمایشاتی صورت گرفته‌است که مقدار مناسب و پیشنهادی آن ۱/۱ خواهد بود.

با V2G	بدون V2G			
۷۲۷	۲۲۵	۳	۱	۱
۷۳۵	۲۲۷	۲/۵	۱/۵	۲
۷۵۵	۲۳۰	۲	۲	۳
۷۶۰	۲۳۱	۱/۵	۲/۵	۴
۷۶۰	۲۳۱	۱	۳	۵

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه دیگری که از نتایج بدست آمده مشهود است این است که در حالت V2G هرچقدر که درصد شارژ مطلوب درخواست شده توسط مالک خودرو کمتر باشد. احتمال سود بیشتر صاحب پارکینگ و نیز کاهش هزینه های مالک خودرو بیشتر خواهد بود.

در خصوص پارامترهای الگوریتم بهینه سازی PSO نیز آزمایشاتی صورت گرفته است. پارامتر ضریب تاثیر C1 و C2 که به ترتیب ضریب تاثیر بهترین تجربه شخصی و بهترین تجربه کلی است مورد آزمایش قرار گرفته و این نتیجه بدست آمده که مقادیر بزرگتر C1و کوچکتر C2 همگرایی مناسبتری را خواهند داشت. یعنی هرچه ذرات از بهینه های محلی بیشتر پیروی کنند سرعت همگرایی بیشتر خواهد شد. بنابراین این موضوع نشان دهنده این است که فضای مساله دارای نقاط اکسترمم محلی بسیار زیادی است. که اگر ضریب تاثیر بهترین تجربه کلی بزرگتر باشد احتمال قرار گرفتن در نقطه بهینه محلی بیشتر است. و بنابراین مقادیر ضریب تاثیری که ضریب تاثیر بهترین تجربه شخصی بزرگتر است همگرایی سریعتری خواهند داشت. همچنین در خصوص تعداد ذرات الگوریتم *PSO* نیز آزمایشاتی صورت گرفته که با توجه به ساختار مساله تعداد ذرات کمتر از ۳۵۰ همگرایی را کند خواهند نمود و تعداد ذرات بیش از ۷۰۰ نیز تاثیر چندانی در بهبود سرعت همگرایی نخواهند داشت.

بطور کلی الگوی ارائه شده در این مقاله با رویکرد بیشترین سود آوری برای صاحب پارکینگ طرح ریزی شده است. اما با نحوه قیمت گذاری مناسب انرژی فروخته شده و خریداری شده از مالک خودرو در عین سودآوری صاحب پارکینگ، کاهش هزینه های مالک خودرو نیز مدنظر قرار گرفته است. و نیز الگوی خرید در ساعات کم باری شبکه و تزریق انرژی در ساعات پرباری نیز در الگوهای پیشنهادی توسط الگوریتم مشاهده می شود. همچنین در الگوی پیشنهادی مدیریت پارکینگ، برای تک تک خودروها بصورت مجزا برنامه ریزی شارژ و دشارژ خواهد شد. و هر خودرو در زمان ورود سریعا از هزینه خود مطلع شده و بر اساس میزان کاهش هزینه ها در حالت V2G ، دید بهتری نسبت به انتخاب یا عدم انتخاب برنامه های V2G خواهد داشت.

مراجع

[1] M. Mahmoodi, M. McDonough, P. Shamsi, and B. Fahimi, "Peak shaving and minimum cost operation of an electric vehicle charging station based on multi-port power electronic interface," IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, 2012.
[2] K. Clement-Nyns, E. Haesen, and J. Driesen, "The impact of charging plug-in hybrid electric vehicles on a residential distribution grid," IEEE Trans. Power Systems, vol. 25, no. 1, pp. 371-380, Feb. 2010.
[3] E. Sortomme, M. M. Hindi, S. D. J. MacPherson, and S.S. Venkata, "Coordinated charging of plug-in hybrid electric vehicles to minimize distribution system losses," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 2, no. 1, pp. 198-205, March 2011.
[4] A. S. Masoum, S. Deilami, P. S. Moses, M. A. S. Masoum, and A. Abu-Siada, "Smart load management of plug-in electric vehicles in distribution and residential networks with charging stations for peak shaving and loss minimization considering voltage regulation," IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 5, no. 8, pp. 877-888, August 2011.
[5] S. Deilami, A. S. Masoum, P. S. Moses, and M. A. S. Masoum, , "Real-time coordination of plug-in electric vehicle charging in smart grids to minimize Power Losses and improve Voltage Profile," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 2, no. 3, pp. 456-467, Sept. 2011
[6] W. Su and M.-Y. Chow, "Performance evaluation of an EDA-based large-scale plug-in hybrid electric vehicle charging algorithm," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 3, no. 1, pp. 308-315, March 2012.
[7] W. Su and M.-Y. Chow, "Computational intelligence-based energy management for a large-scale PHEV/PEV enabled municipal parking deck," Applied Energy, Volume 96, Pages171-182, 2012.
[8] W. Su and M.-Y. Chow, "Investigating a large-scale PHEV/PEV parking deck in a smart grid environment," North American Power Symposium (NAPS), Boston, Aug. 2011.
[9] Y. Cao, S. Tang, C. Li, P. Zhang, Y. Tan, Z. Zhang, and J. Li, "An optimized EV charging model considering TOU price and SOC curve," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 3, no. 1, pp. 388-393, March 2012.

www.SID.ir

Archive of SID

[10] E. L. Karfopoulos and N. D. Hatziargyriou, "A multi-agent system for controlled charging of a large population of electric vehicles," IEEE Trans. Power Systems, vol. 28, no. 2, pp. 1196-1204, May 2013.
[11] A. Mohamed, V. Salehi, Tan Ma, and O. Mohammed, "Real-time energy management algorithm for plug-in hybrid electric vehicle charging parks involving sustainable energy," IEEE Trans. Sustainable Energy, vol. 5, no. 2, pp. 577-586, April 2014.
[12] M. Moeini-Aghtaie, A. Abbaspour, and M. Fotuhi-Firuzabad, "Online multi-criteria framework for charging management of PHEVs," IEEE Trans. Vehicular Technology, 2014.
[13] S. L. Andersson, A. K. Elofsson, M. D. Galus, L. Göransson, S. Karlsson, F. Johnsson, and G. Andersson, "Plug-in hybrid electric vehicles as regulating power providers: Case studies of Sweden and Germany," Energy policy, vol. 38 , no. 6, pp. 2751-2762, 2010.
[14] Sekyung Han, Soohee Han, and K. Sezaki, "Economic assessment on V2G frequency regulation regarding the battery degradation," Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), IEEE PES, Jan. 2012.
[15] C. Sandels, U. Franke, N. Ingvar, L. Nordstrom, and R. Hamren, "Vehicle to grid: Reference architectures for the control markets in Sweden and Germany," Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe), IEEE PES, Oct. 2010.
[16] W. Kempton, and T. Kubo, "Electric-drive vehicles for peak power in Japan," Energy Policy, vol. 28, no. 1, pp. 9-18, 2000.
[17] S. B. Peterson, J. F. Whitacre, and J. Apt, "The economics of using plug-in hybrid electric vehicle battery packs for grid storage," Journal of Power Sources, vol. 195, no. 8, pp. 2377-2384, 2010.
[18] J. Lassila, J. Haakana, V. Tikka, and J.Partanen, "Methodology to analyze the economic effects of electric cars as energy storages," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 3, no. 1, pp. 506-516, March 2012.
[19] Z. Wang, and S. Wang, "Grid Power Peak Shaving and Valley Filling Using Vehicle-to-Grid Systems," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 28, no. 3, pp. 1822-1829, July 2013.
[20] Y. Ota, H. Taniguchi, T. Nakajima, K. M. Liyanage, J. Baba, and A. Yokoyama, "Autonomous distributed V2G (Vehicle-to-Grid) satisfying scheduled charging," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 3, no. 1, pp. 559-564, March 2012.
[21] M. Vasirani, R. Kota, R. L. G. Cavalcante, S. Ossowski, N. R. Jennings, "An agent-based approach to virtual power plants of wind power generators and electric vehicles," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 4, no. 3, pp. 1314-1322, Sept. 2013.
[22] J. Tomić, and W. Kempton, "Using fleets of electric-drive vehicles for grid support," Journal of Power Sources, vol. 168, no. 2, pp. 459-468, June 2007.
[23] S. Letendre, P. Denholm, and P. Lilienthal, "Electric and hybrid vehicles: new load or new resource?" Public Utilities Fortnightly, vol. 144, no. 12, pp. 28-37, December 2006.
[24] S. Shafiee, M. Fotuhi-Firuzabad, and M. Rastegar, "Investigating the impacts of plug-in hybrid electric vehicles on power distribution systems," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 4, no. 3, pp. 1351-1360, Sept. 2013
[25] J. Gonder, T. Markel, A. Simpson, and M. Thornton, "Using GPS travel data to access the real world driving energy use of plug-in hybrid electric vehicles (PEEVs)," National Renewable Energy Laboratory (NREL), [Online]. Available: http://www.nrel.gov/docs/fy07osti/40858.pdf
[26] Plug In America, Plug-in Vehicle Tracker, [Online]. Available: http://www.pluginamerica.org/vehicles.
[27] L. Pieltain Fernandez, T. G. S. Roman, R. Cossent, C. M. Domingo, and P. Frias, "Assessment of the impact of plug-in electric vehicles on distribution networks," IEEE Trans. Power Systems, vol. 26, no. 1, pp. 206-213, Feb. 2011.

www.SID.ir