Archive of SID

PSC 2016
سی‌ویکمین کنفرانس بین‌المللی برق
۳ تا ۵ آبان ماه ۱۳۹۵ / تهران – ایران

No. F-16-SMG-2159

مکان و اندازه بهینه ایستگاه‌های شارژ سریع خودروهای الکتریکی با در نظر گرفتن هزینه‌ی انتظار رانندگان در ایستگاه‌های شارژ

میرباقر مرتضویان ، شهرام جدید

دانشکده مهندسی برق

دانشگاه علم و صنعت ایران

تهران – ایران

چکیده — ایستگاه‌های شارژ سریع خودروهای الکتریکی گزینه‌ی مناسبی برای افزایش علاقه‌ی مردم جهت استفاده از این خودروها به جای خودروهای بنزینی می‌باشد. از طرف دیگر برای افزایش رضایت و نفوذ این خودروها، مکان و اندازه‌ی مناسب این ایستگاه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. عدم ایجاد صف‌های طولانی و طاقت فرسا برای شارژ خودرو، مکان مناسب و در دسترس می‌تواند در میزان نفوذ این خودروها، بسیار موثر باشد. در این مقاله مکان و اندازه‌ی ایستگاه‌های شارژ سریع خودروهای الکتریکی با هدف بهینه‌سازی تلفات شبکه، تلفات مربوط به انرژی‌ای که خودروهای الکتریکی برای رفتن به ایستگاه در زمان نیاز به شارژ طی می‌کنند، هزینه‌ی مربوط به زمین ایستگاه شارژ، هزینه‌ی سرمایه‌گذاری و هم‌چنین هزینه‌ی مربوط به انتظار رانندگان در ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی جهت شارژ خودرو که نسبت به خودروهای بنزینی بسیار بیش‌تر است، توسط الگوریتم ژنتیک بر روی شبکه‌ی استاندارد IEEE123 مورد بررسی قرار گرفته و نتایج ناشی از در نظر گرفتن هزینه‌ی انتظار رانندگان و منظور نکردن آن، با فرض وجود یک شهرک در شمال‌غرب شهر فرضی که تجمع خودروها در این منطقه نسبت به سایر قسمت‌های شهر بیش‌تر است، ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی — خودروهای الکتریکی؛ ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی؛ الگوریتم ژنتیک؛ مکان و اندازه

۱. مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های مربوط به شهرهای بزرگ افزایش گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت بنزینی در خودروهاست. از جمله راه‌های امیدوار کننده برای کاهش آلودگی و امنیت انرژی مربوط به استفاده از خودروهای الکتریکی به جای خودروهای بنزینی است که پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۲۰ تعداد این نوع خودروها به ۲۰ میلیون خودرو برسد [۱]. خودروهای الکتریکی نه تنها باعث کاهش آلودگی می‌شوند بلکه می‌توانند با اصلاح پیک بار شبکه، باعث بهبود منحنی بار شده و باعث افزایش امنیت شبکه شده و مزایای اقتصادی فراوانی را به وجود آورند. به هر حال مکان و اندازه‌ی نامناسب ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی می‌توانند تاثیرات نامناسبی بر روی توسعه‌ی خودروهای الکتریکی در بین افکار مردم، آسودگی و راحتی رانندگان، طرح ترافیکی شهر، تلفات شبکه و حتی باعث خارج شدن ولتاژ برخی گره‌ها از مقدار مجاز گردند [۲]. شارژ خودروهای الکتریکی توسط ولتاژی بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ ولت به شارژ نرمال معروف هستند که برای شارژ باتری خودرو به چند ساعت زمان نیاز دارند و معمولا این نوع شارژ در خانه‌ها انجام می‌گیرد. یک نوع دیگری از باتری خودروهای الکتریکی وجود دارد که توسط ولتاژ ۴۸۰ ولت شارژ می‌گردد، که این نوع شارژها به شارژ سریع معروف هستند که جهت پر کردن باتری به مقدار ۸۰٪ به زمانی حدود ۳۰ دقیقه نیاز دارند و این نوع شارژها معمولا در ایستگاه‌های شارژ ، انجام می‌گیرد[۳]. این نوع ایستگاه‌ها تا سال ۲۰۱۲ در آمریکا به ۱۳۹۶۷

www.SID.ir

Archive of SID

[۴]در اروپا تا نوامبر ۲۰۱۲ به ۱۵۰۰۰ [۵] و در آسیا تا آخر دسامبر ۲۰۱۱ در ژاپن به تعداد ۸۰۰ [۶] و در چین به ۱۶۸ رسیده است [۷].

در سال‌های اخیر هم در صنعت و هم در بحث آکادمیک توجه بیش‌تری به برنامه‌ریزی بهینه‌ی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی شده است. فاکتورهای مختلفی بر روی طراحی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی تاثیر می‌گذارند که در مرجع [۸] به مسائلی نظیر تقاضای شارژ، روش ذخیره انرژی، عملکرد و مدت زمان شارژ باتری و فاکتورهای مربوط به محیط ایستگاه شارژ مورد بررسی قرار گرفته است. در مرجع [۹] روش توسعه‌ی ایستگاه‌های شارژ به چند دسته تقسیم‌بندی شده و سپس یک مدل بهینه برای برنامه‌ریزی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی با در نظر گرفتن یک شعاع فاصله‌ای بین آن‌ها، ظرفیت و توان شارژ بیش از حد نیاز، پیشنهاد شده است. در مرجع [۲] با استفاده از الگوریتم MPDIPA (الگوریتم اصلاح شده‌ی نقطه داخلی) و در نظر گرفتن فاکتورهایی نظیر تلفات شبکه و پروفیل ولتاژ برنامه‌ریزی بهینه بر روی شبکه توزیع صورت گرفته است. تاثیر ایستگاه‌های شارژ سریع خودروهای الکتریکی بر روی پروفیل ولتاژ شبکه‌ی توزیع در مرجع [۱۰] مورد بررسی قرار گرفته است. جهت بهتر کردن پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات شبکه یک مدیریت هوشمند بار در مرجع [۱۱] و [۱۲] پیشنهاد شده است، که نه تنها پروفیل بار را بهبود داده بلکه پیک‌زدایی نیز انجام می‌دهد. در مرجع [۱۳] تلفات شبکه و کیفیت توان توسط هماهنگ کردن شارژ خودروهای الکتریکی کنترل می‌شوند. در مرجع [۱۴] مساله‌ی برنامه‌ریزی بهینه‌ی ایستگاه‌های شارژ با در نظر گرفتن هر دو جنبه‌ی شبکه‌ی حمل و نقل و شبکه‌ی توزیع صورت گرفته است. در مرجع [۱۵] مسئله‌ی جایابی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی و هم-چنین خازن با هدف کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ مورد بررسی قرار گرفته است. برای مکان و اندازه ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی با هدف مینیمم کردن هزینه‌ی توسعه‌ی ایستگاه، هزینه‌ی برق‌رسانی، تلفات انرژی شبکه و خودروهای الکتریکی برای رسیدن به ایستگاه در مرجع [۱۶] برای شمال‌غرب تهران با MINLP فرمول‌بندی و توسط الگوریتم ژنتیک صورت گرفته است.

در این مقاله نیز مکان و اندازه‌ی ایستگاه شارژ سریع خودروی الکتریکی با در نظر گرفتن برنامه‌ریزی برای مدت ۵ سال و با هدف مینیمم کردن هزینه‌ی زمین، هزینه‌ی سرمایه‌گذاری، هزینه‌ی تلفات شبکه و خودروهای برای رسیدن به ایستگاه شارژ و نیز هزینه‌ی مربوط به انتظار رانندگان در ایستگاه‌های شارژ برای شارژ خودروهای الکتریکی با فرض وجود یک شهرک در شمال‌غرب شهر فرضی که حاوی شبکه‌ی استاندار IEEE123 باس می‌باشد، توسط الگوریتم ژنتیک انجام می‌گیرد. در واقع به دلیل مدت زمان زیاد شارژ خودرو نسبت به پر کردن مخزن بنزین ماشین‌های معمولی، عدم توجه به مسئله‌ی انتظار رانندگان ممکن است، قسمتی از شهر که تراکم خودرو در آن ناحیه بیش‌تر است، ایستگاهی با ظرفیت نامناسب در برنامه-ریزی بهینه مکان و اندازه‌ی ایستگاه شارژ در آن ناحیه قرار گیرد که منجر به نارضایتی رانندگان از طولانی بودن مدت زمان شارژ را در پی داشته باشد. در نهایت ضرورت توجه به ایجاد صف‌های طولانی در ایستگاه‌ها و در اصل ایجاد پیوندی بین تراکم خودروها در یک ناحیه با ظرفیت ایستگاه شارژ موجود در آن ناحیه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲.مدل‌سازی ریاضی

ابتدا مسئله در یک تابع هدف (OF) که حاوی چندین شرایط نیز می‌باشد، فرمول‌بندی شده است. تابع هدف مورد نظر در این مقاله مربوط به حداقل کردن مجموع هزینه‌ی زمین C^{land}، سرمایه‌گذاری $C^{investment}$، تلفات شبکه $C^{net\,loss}$، تلفات خودروهای الکتریکی جهت طی کردن مسیر بین مکانی که نیاز به شارژ داشته و ایستگاه شارژ $C^{car\,loss}$ و هم‌چنین هزینه‌ای برای انتظار رانندگان در ایستگاه‌های شارژ در صف تشکیل یافته در ایستگاه $C^{waiting}$، می‌باشد. در حالت کلی تابع هدف مسئله‌ی مکان و اندازه‌ی بهینه‌ی ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی در این مقاله به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$OF = C^{land} + C^{investment} + C^{net\,loss} + C^{car\,loss} + C^{waiting} \quad (۱)$$

۲,۱. هزینه‌ی زمین

با توجه به مرجع [۱۷] برای هر جایگاه شارژ خودروهای الکتریکی در ایستگاه زمینی به مساحت ۲۵ متر مربع نیاز است. لذا با توجه به تعداد جایگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی ($S(i)$) داریم:

$$C^{land} = 25 * C^{lan} * S(i) * NY \quad (۲)$$

که C^{lan} و NY به ترتیب هزینه‌ی هر متر مربع زمین و تعداد سال‌های مورد مطالعه می‌باشند.

۲,۲. هزینه‌ی سرمایه‌گذاری

ظرفیت کل جایگاه‌های شارژ در i امین ایستگاه شارژ که با S_{CH_i} نمایش داده می‌شود، را می‌توان به صورت زیر فرمول‌بندی نمود[۲]:

www.SID.ir

Archive of SID

$$S_{CHI} = K_i \sum_{j=1}^{n_i} S_{CHIj} \quad (۳)$$

که n_i و K_i به ترتیب تعداد و ضریب هم‌زمانی جایگاه‌های شارژ در i امین ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی هستند و S_{CHIj} ظرفیت نامی j امین ایستگاه می‌باشد.

ظرفیت کل ترانسفورماتور در i امین ایستگاه S_{ETI} به صورت زیر به دست می‌آید[۲]:

$$S_{ETI} = \frac{(S_{CHI} + S_{DEI})}{L_{EVcst}^{max}} \quad (۴)$$

که S_{DEI} و L_{EVcst}^{max} به ترتیب ظرفیت کل مربوط به سایر وسایل الکتریکی موجود در ایستگاه شارژ (وسایلی نظیر روشنایی ایستگاه و ...) در i امین ایستگاه شارژ و نرخ حداکثر بار روزانه در i امین ایستگاه شارژ می‌باشند.

بنابراین هزینه‌ی سرمایه‌گذاری در i امین ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$C_{EVcst}^{i}(t) = C_{ETI}^{i}(t) S_{ETI} + C_{CHI}^{i}(t) S_{CHI} + C_{DEI}^{i}(t) S_{DEI} \quad (۵)$$

که $C_{DEI}^{i}(t)$ و $C_{CHI}^{i}(t)$، $C_{ETI}^{i}(t)$ به ترتیب هزینه‌ی مربوط به ظرفیت هر واحد ترانسفورماتور، جایگاه‌های شارژ و سایر وسایل الکتریکی موجود در ایستگاه i ام میباشد[۲].

۲,۳. هزینه‌ی تلفات شبکه

با توجه به حضور جایگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در گره‌های مختلف شبکه باعث افزایش مصرف انرژی الکتریکی در این گره‌ها شده و در نتیجه تلفات شبکه در حالت کلی افزایش می‌یابد. با استفاده از روش پخش بار پیش‌رو- پس‌رو مقدار جریان در هر شاخه از خطوط I_{branch} و با توجه به مشخص بودن مقدار مقاومت R_{branch} و راکتانس X_{branch} هر شاخه از خطوط، مقدار تلفات کل شبکه با چشم‌پوشی از X_{branch} به صورت زیر به دست می‌آید[۱۸] :

$$net\ loss = \sum_{branch=1}^{Br} R_{branch}(branch)\, I_{branch}^{2}(branch) \quad (۶)$$

با در نظر گرفتن π_E^{net} قیمت انرژی الکتریکی بر حسب $\frac{\$}{kwh}$ داریم:

$$C^{net\ loss} = \sum_{branch=1}^{Br} \pi_E^{net} R_{branch}(branch)\, I_{branch}^{2}(branch) \quad (۷)$$

۲,۴. هزینه‌ی تلفات خودروهای الکتریکی برای رسیدن به نزدیک‌ترین ایستگاه شارژ

با توجه به پراکندگی خودروهای الکتریکی در سطح شهر و با توجه به افزایش رضایت‌مندی رانندگان خودروهای الکتریکی از تعداد مناسب ایستگاه‌های شارژ در سطح شهر، توجه به این موضوع که در مکان‌یابی ایستگاه‌های شارژ باید به مینیمم کردن هزینه‌ی تلفات خودروهای الکتریکی جهت رسیدن به ایستگاه توجه شود، از اهمیت بالایی برخوردار است. در مرجع[۱۶] در سناریوی ۶ عدم توجه به تلفات خودروها و شبکه باعث حضور تنها یک ایستگاه شارژ در شمال‌غرب شهر تهران شده است که به طور یقین باعث عدم رضایت رانندگان از مدیریت خودروهای الکتریکی و در نتیجه کاهش نفوذ این خودروها در بین رانندگان وسایل نقلیه می‌گردد. جهت لحاظ کردن این موضوع داریم:

$$C^{carloss} = \pi_E^{net} * TD * SEC * L_j \quad (۸)$$

که TD، SEC و L_j به ترتیب تعداد روزهای زمان مورد مطالعه، میزان مصرف انرژی الکتریکی و فاصله بین خودرو و نزدیک‌ترین ایستگاه شارژ می‌باشد.

۲و۵. هزینه‌ی مربوط به انتظار رانندگان در ایستگاه-های شارژ

با توجه به تفاوت اساسی بین شارژ خودروی الکتریکی با پر کردن بنزین برای خودروهای معمولی از نظر مدت زمان، عدم توجه به این نکته می‌تواند، صف‌های بسیار طولانی در ایستگاه‌ها ایجاد نموده و منجبر به انتظار زیاد رانندگان یا تعویض ایستگاه جهت شارژ خودرو گردد. در واقع باید پیوندی بین تعداد خودروهای الکتریکی موجود در یک منطقه با ظرفیت ایستگاه شارژ موجود در آن وجود داشته باشد. با توجه به مرجع[۱۶] برای شارژ هر خودروی الکتریکی مدت زمان ۳۰ دقیقه لحاظ شده است در این-صورت به عنوان مثال در یک ساعت مشخص برای یک ایستگاه فرضی که حاوی ۴ جایگاه شارژ باشد، اگر تعداد ۱۲ خودرو برای شارژ مراجعه نمایند، در ساعت مشخص این ایستگاه فقط می‌تواند تعداد ۸ خودروی الکتریکی را شارژ نماید و باید ۴ خودرو به مدت زمان زیادی منتظر بمانند و این مسئله باعث شیفت این خودروها جهت شارژ به ساعات بعدی می‌شوند و حال اگر در ساعت بعدی تعداد خودروی مراجعه به ایستگاه بیش از ۸ خودرو باشد این مسئله گسترده شده و انتظار طولانی مدت رانندگان برای شارژ خودرو

www.SID.ir

Archive of SID

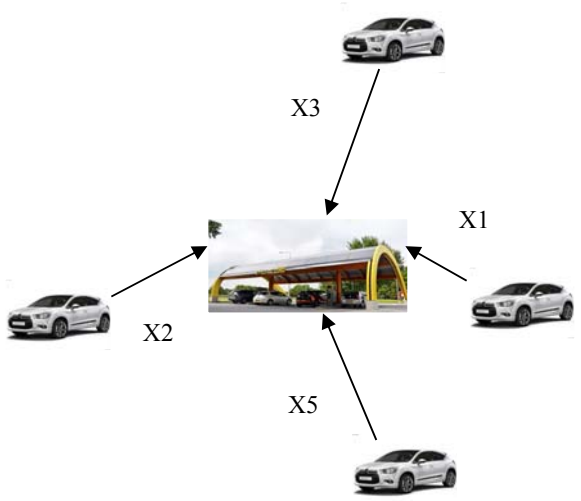
را منجر خواهد شد. این مسئله زمانی بیش‌تر نمو پیدا می‌کند که در شهر فرضی عدم توزیع یکنواخت خودرو وجود داشته باشد که معمولا هم چنین است، مخصوصا حضور شهرک‌ها در شهرهای بزرگ باعث تراکم خودروها در این مکان‌ها می‌باشد و عدم توجه به این مسئله می‌تواند باعث شود در منطقه‌ای که تعداد خودروهای الکتریکی بیش‌تر است ایستگاهی با ظرفیت کم‌تر وجود داشته باشد، و از طرفی به دلیل مدت زمان شارژ بیش‌تر خودروی الکتریکی صف‌هایی طولانی برای شارژ خودرو در ایستگاه‌های شارژ ایجاد گردد که نه تنها عدم رضایت بلکه عدم وجود مدیریت شهری مناسب را منجر شود. لذا نه تنها باید پیوندی برای حضور ایستگاه در منطقه-ای که تراکم خودرو وجود دارد، ایجاد شود بلکه باید این پیوند ظرفیت ایستگاه را نیز با تعداد خودروهای موجود در آن منطقه تحت الشعاع قرار دهد.

اگر در ساعت مشخص تعداد n خودروی الکتریکی بخواهند به نزدیک-ترین ایستگاه شارژ که دارای j جایگاه شارژ می‌باشد مراجعه کنند، با توجه به «شکل ۱» و با فرض سرعت ثابت v برای تمام خودروهای الکتریکی، زمان رسیدن خودروها به ایستگاه شارژ برابر است با:

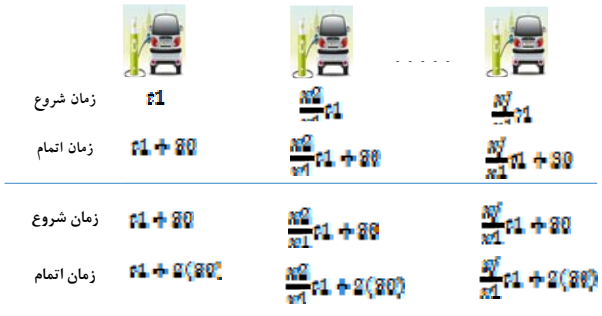
$$V1 = V2 = \cdots = Vnl = \frac{X1}{t1} = \frac{X2}{t2} = \cdots = \frac{Xnl}{tnl} \qquad (۹)$$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$t2 = \frac{x2}{x1}t1, t3 = \frac{x3}{x1}t1, \ldots, tnf = \frac{xnf}{x1}t1 \qquad (۱۰)$$



شکل ۱: فاصله و زمان رسیدن خودروها به ایستگاه شارژ



شکل ۲: زمان شروع و اتمام شارژ خودروها در جایگاه‌های شارژ

روابط xi ، ti به ترتیب فاصله و زمان خودروی i ام از ایستگاه شارژ می‌باشد. با توجه به «شکل ۲» می‌توان گفت، زمانی خودروی i به شارژ وصل می‌شود که شارژ خودروی $(i-j)$ پایان یابد. زیرا با توجه به فاصله‌ی خودروها، زمان رسیدن خودروها براساس میزان فاصله از ایستگاه خواهد بود و در نتیجه خودروی i به جایگاهی که خودروی $(i-j)$ وصل شده بود، وصل خواهد شد.

زمان پایان یافتن شارژ خودروی $(i-j)$ با توجه به شکل (۲) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$f(i-j) = \frac{x_{(i-(\lfloor \frac{i}{j} \rfloor - 1)j)}}{x1}t1 + 30\left(\left\lfloor \frac{i}{j} \right\rfloor - 1\right) \qquad (۱۱)$$

که در این رابطه $f(i-j)$ زمان اتمام شارژ خودروی $(i-j)$ می‌باشد.

در این صورت برای مدت زمان انتظار خودروی i می‌توان نوشت:

$$w(i) = \left(\frac{x_{(i-(\lfloor \frac{i}{j} \rfloor - 1)j)}}{x1} - \frac{xi}{x1}\right)t1 + 30\left(\left\lfloor \frac{i}{j} \right\rfloor - 1\right) \qquad (۱۲)$$

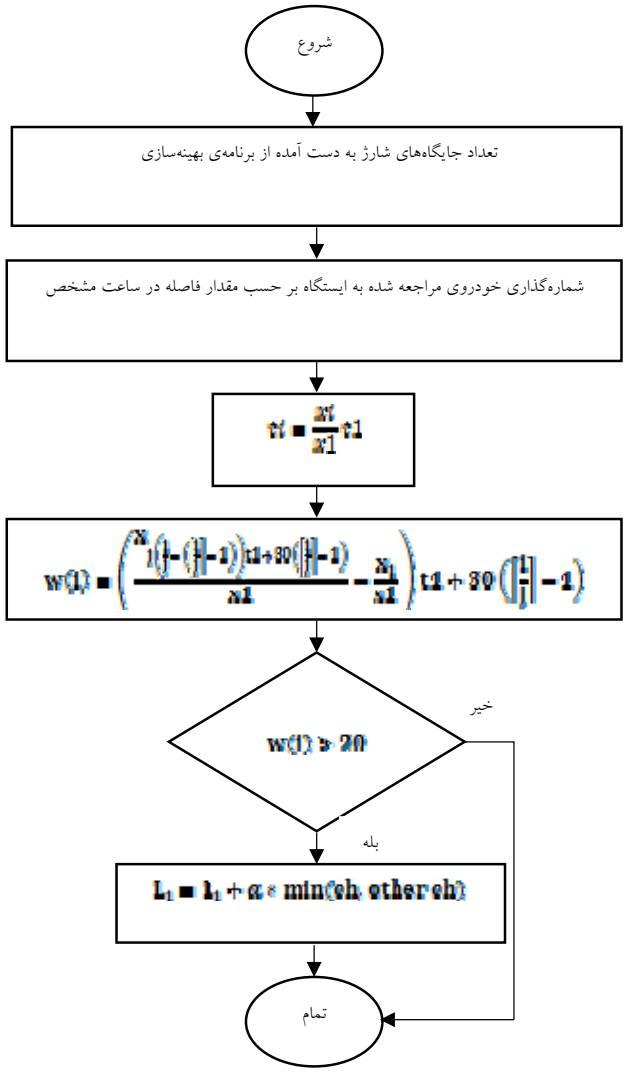
که $w(i)$ مدت زمان انتظار خودروی i در ایستگاه شارژ می‌باشد. حال اگر این مدت زمان شارژ خودرو بسیار بیش‌تر باشد (در این مقاله ۲۰ دقیقه فرض شده است)، راننده ترجیح می‌دهد جهت شارژ خودروی الکتریکی خود به نزدیک‌ترین ایستگاه شارژ در حوالی ایستگاه شارژ فعلی مراجعه نماید، در این صورت باید دوباره فاصله‌ای را جهت رسیدن به ایستگاه بعدی طی کند، این موضوع در حقیقت باعث افزایش تلفات خودروی الکتریکی جهت رسیدن به ایستگاه شارژ محسوب می‌شود و به دنبال آن نارضایتی را برای رانندگان خودروهای الکتریکی در هنگام نبود ظرفیت کافی ایستگاه، در پی خواهد داشت، لذا می‌توان نوشت:

$$L_i = L_i - \min(ch, other\ ch) \qquad (۱۳)$$

که $min(ch, other\ ch)$ فاصله‌ی بین ایستگاه شارژ مراجعه شده توسط خودروی i و نزدیک‌ترین ایستگاه شارژ به آن است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳: فلوچارت مربوط به لحاظ نمودن هزینه‌ی انتظار رانندگان در ایستگاه‌های شارژ

فلوچارت مربوط به در نظر گرفتن هزینه‌ی انتظار رانندگان در ایستگاه‌های شارژ در «شکل ۳» ارائه شده است.

۳. روش حل

مسئله‌ی اندازه و مکان‌یابی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در این مقاله توسط الگوریتم ژنتیک صورت گرفته، که مراحل مربوط به آن به صورت زیر می‌باشد:

- ابتدا جمعیت اولیه (که در این مقاله ۲۰۰ عضو می‌باشد) تولید شده و برای هر عضو این جمعیت به تعداد کاندید ایستگاه شارژ کروموزوم اختصاص داده و این کروموزوم‌ها به صورت تصادفی مقداردهی می‌شوند که این مقادیر نشان از ظرفیت ایستگاه مورد نظر می‌باشند، براساس اعداد داده شده برای هر جمعیت مقدار تابع هدف محاسبه شده و براساس این مقدار از کم‌تر به بیش‌تر، اعضا مرتب می‌شوند.
- براساس مقدار تابع هدف (مقدار هزینه) به دست آمده برای هر عضو جمعیت، جهت انتخاب رولتویل [۱۹] براساس معادله‌ی(۱۴) مقداردهی می‌شوند تا جهت انتخاب اعضا برای جفت‌گیری و جهش طبق انتخاب رولتویل، احتمال بهترین اعضا که دارای کم‌ترین مقدار تابع هدف هستند، بیش‌تر گردد.

$$P(i) = \frac{\exp^{\wedge}(-\beta * cost(i))}{\sum P(i)} \qquad (۱۴)$$

در این رابطه $P(i)$ احتمال انتخاب عضو i، $cost(i)$ مقدار تابع هدف عضو i و β ضریب ثابت می‌باشد. با این احتمالات تعداد زوجی از جمعیت برای جفت‌گیری (در این مقاله ۰/۶جمعیت) و تعدادی (در این مقاله ۰/۱ جمعیت) برای جهش انتخاب می‌شوند، بعد از انتخاب تابع هزینه برای اعضای جدید نیز محاسبه می‌گردد.

- به دلیل انجام جفت‌گیری و جهش، تعداد تمام جمعیت‌ها از تعداد اولیه خود فراتر رفته است، بعد از مرتب کردن کلیه اعضا از کم‌تر به بیش‌تر مقدار تابع هدف، اعضای اضافی حذف می‌گردند.
- بعد از انتخاب عضو برتر از بین اعضای جمعیت که دارای کم‌ترین مقدار تابع هدف است، مسئله برای چندین بار تکرار شده و در پایان برترین عضو ایجاد شده که دارای کم‌ترین مقدار تابع هدف در طی چندین بار تکرار به دست آمده است به عنوان عضو برتر حالت مورد نظر انتخاب می‌گردد.
- تا زمان به اتمام رسیدن تمام حالت‌ها مسئله تکرار شده و در پایان عضوی که در بین کل حالت‌ها دارای مقدار حداقل تابع هدف می‌باشد، به عنوان جواب بهینه انتخاب می‌گردد.

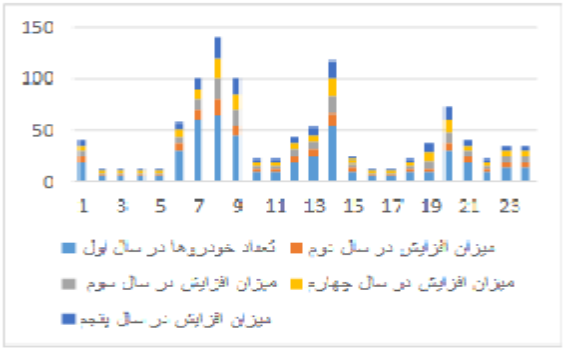
www.SID.ir

Archive of SID

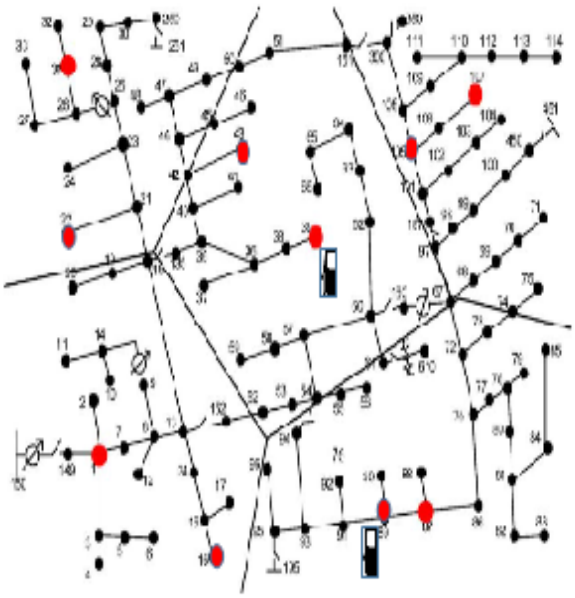
۴.نتایج عددی

۴,۱. مورد مطالعاتی

مورد مطالعاتی در این مقاله بر روی یک شهر فرضی که دارای طول ۱۰ کیلومتر و عرض ۸ کیلومتر می‌باشد و از طرفی حاوی سیستم توزیع استاندارد IEEE123 باس [۲۰] می‌باشد. حضور خودروهای الکتریکی برای شارژ به صورت تصادفی در مکان‌های مختلف شهر انجام گرفته و زمان حضور آن‌ها برای شارژ در ۲۴ ساعت در مکان‌های تصادفی با افزایش تعداد در ۵ سال در «نمودار ۱» نشان داده شده است که البته می‌توان این اطلاعات را براساس خودروهای معمولی که در پمپ بنزین‌ها برای شارژ در قسمت‌های مختلف شهر اقدام می‌کنند نیز به دست آورد. در شهر مورد نظر فرض بر این بوده است که تراکم خودروها در قسمت شمال‌غرب شهر نسبت به سایر مکان‌ها ۱/۲ باشد. این مسئله جهت اندازه و مکان‌یابی ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی برای ۵ سال به صورت برنامه‌ریزی پویا صورت گرفته و از طرفی طبق مرجع [۲] منطقه مورد نظر به ۵ ناحیه تقسیم شده و در هر ناحیه دو ایستگاه به عنوان کاندید انتخاب شده است که این انتخاب براساس مسائل مدیریت شهری و فاکتورهای محیطی و ... صورت گرفته است. برای هر ناحیه قیمت زمین مختلفی منظور گشته است از طرف دیگر فرض بر این بوده است که در نزدیکی باس‌های ۳۹ و ۸۹ پمپ بنزین‌هایی وجود داشته است که «شکل ۴» نشانگر این موضوع می‌باشد. صاحبان این پمپ بنزین‌ها برای احداث ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در این مکان‌ها نیز بسیار مشتاق هستند و از این رو هزینه‌ی زمین منظور شده برای این مکان‌ها بسیار کم‌تر لحاظ شده است و در عوض تعداد حداکثر جایگاه‌ها در این مکان‌ها به دلیل فضای کم به ۴ عدد محدود گشته است. با توجه به ساعتی لحاظ نمودن تعداد خودروهای الکتریکی که در سطح شهر به شارژ نیاز دارند، بارهای موجود در سطح شهر نیز به صورت ساعتی یعنی حاوی مقادیر مختلف در ساعت‌های مختلف و براساس دو نوع بار یعنی بارهای خانگی و بارهای صنعتی (دارای منحنی بار روزانه متفاوت) به طوری که طبق اطلاعات مربوط به بارهای شبکه‌ی استاندارد IEEE123 [۲]، بارهایی که مقدار بالاتر از ۴۰ کیلووات دارند بارهای صنعتی و بارهای ۴۰ کیلووات و کم‌تر بارهای خانگی لحاظ شده است. میزان رشد بار نیز در طول ۵ سال ۱/۱ در نظر گرفته شده است.



نمودار ۱ :تعداد خودروهای الکتریکی که در ۲۴ ساعت شبانه‌روزی برای شارژ مراجعه می‌نمایند



شکل۴: شبکه توزیع مورد مطالعه و کاندیدهای مورد نظر برای ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی

یابد، در هنگام انتخاب ایستگاه شارژ در پمپ بنزین‌ها این محدودیت منظور نگشته و اگر برنامه‌ی بهینه‌سازی ایستگاه شارژ را در پمپ بنزین انتخاب کند می‌تواند در همان ناحیه ایستگاه شارژ دیگری داشته باشد.

۴,۲. سناریوها و نتایج حاصل

برای حل مسئله دو سناریو لحاظ شده است:

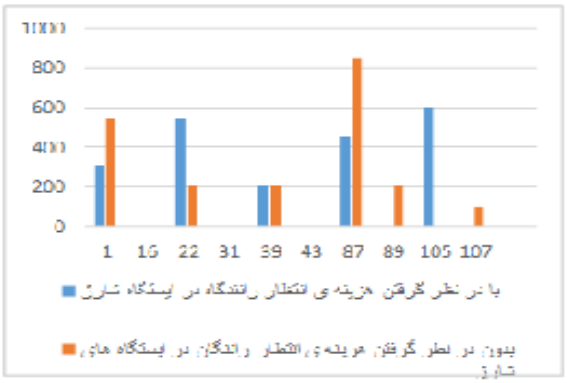
سناریوی اول: در نظر گرفتن تمام موارد ذکر شده در تابع هدف مسئله برای ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی

سناریو دوم: عدم لحاظ نمودن هزینه‌ی مربوط به انتظار رانندگان در ایستگاه-های شارژ خودروهای الکتریکی

www.SID.ir

Archive of SID

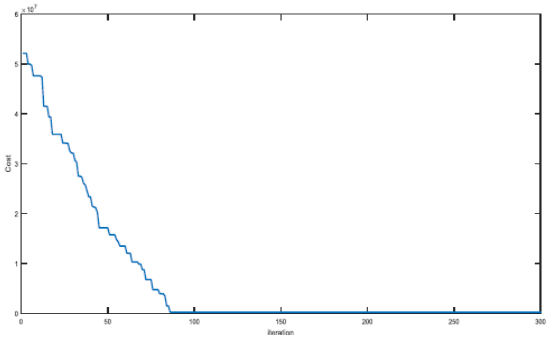
نتایج حاصل برای سناریوی اول و دوم در «نمودار ۲» *ارئه شده* و این نتایج نشان می‌دهد، در سناریوی اول توزیع ظرفیت ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی در شهر تا حد امکان به صورت یکنواخت می‌باشد، اما به دلیل افزایش خودروهای در قسمت شمال‌غرب شهر، ظرفیت ایستگاه موجود در این منطقه به ۱۵ جایگاه شارژ رسیده است تا انتظار رانندگان در این قسمت برای شارژ خودروهایشان کم‌تر باشد. همان‌طور که می‌بینیم در سناریوی دوم مکان نزدیک به باس ۱۰۷ برای ایستگاه شارژ انتخاب شده است در حالی‌که در هنگام منظور کردن هزینه‌ی انتظار رانندگان مکان نزدیک به باس ۱۰۵ آن هم با ظرفیتی بزرگ انتخاب می‌گردد. از طرف دیگر در این حالت ایستگاه‌ها



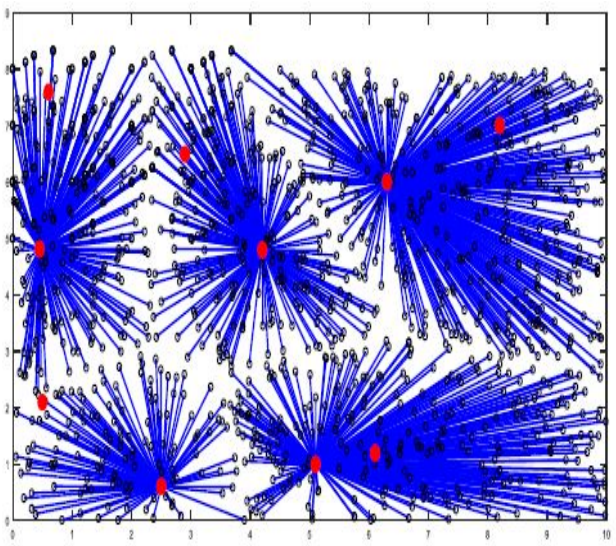
نمودار ۲ : مقایسه‌ی محاسبه‌ی مکان و ظرفیت ایستگاه‌های شارژ با و بدون در نظر گرفتن هزینه‌ی انتظار رانندگان در ایستگاه‌های شارژ جهت شارژ خودرو

نسبت به سناریوی اول از نظر ظرفیت غیر یکنواخت‌تر بوده و ظرفیت ایستگاهی که در ناحیه دو یعنی شمال‌غرب شهر است و به باس ۲۲ نزدیک می‌باشد ۴ جایگاه شارژ می‌باشد و با در نظر گرفتن این موضوع که در این ناحیه حدود ۳۰۰ خودرو در طول روز نیاز به شارژ دارند و ۴ جایگاه در هر ساعت تنها ۸ خودرو را می‌تواند شارژ کند و این یعنی در طول شبانه روز تنها ۱۹۲ خودرو می‌تواند توسط این ایستگاه شارژ گردد و باید ۱۰۸ خودرو برای شارژ به ایستگاه‌های دیگر مراجعه نمایند و از طرف دیگر بسیاری از رانندگان جهت شارژ خودروی خود باید ساعت‌ها منتظر بمانند و این مسئله منجر به افزایش نارضایتی و مدیریت ناصحیح شهری خواهد شد، این در حالی است که ایستگاه شارژ نزدیک به باس ۸۷ دارای ۱۷ جایگاه شارژ می‌باشد و تعداد خودروی مراجعه کننده به آن حدود ۱۵۰عدد می‌باشد و این یعنی، از جایگاه‌های این ایستگاه در طول روز استفاده‌ی موثر نمی‌شود.

مقدار اختلاف هزینه بین بهترین عضوها در هر بار تکرار توسط الگوریتم ژنتیک به صورت «شکل ۵» و مراجعه‌ی خودروهای الکتریکی به ایستگاه‌های شارژ در «شکل ۶» *نشان داده شده است.*



شکل۵: اختلاف هزینه بین بهترین عضوها در تکرار الگوریتم ژنتیک



شکل۶: مراجعه‌ی خودروهای الکتریکی به ایستگاه‌های شارژ

۵.نتیجه‌گیری

از آن‌جایی که انتظار می‌رود تعداد خودروهای الکتریکی در آینده افزایش چشم‌گیری داشته باشد، توجه به رضایت‌مندی رانندگان این خودروها از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به طولانی بودن مدت زمان شارژ این نوع خودروها نسبت به خودروهای بنزینی، در این مقاله جهت یافتن مکان و اندازه‌ی بهینه ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی فاکتوری تحت عنوان، توجه به انتظار رانندگان جهت شارژ در ایستگاه‌های شارژ فرمول‌بندی شده و مسئله با توجه به فاکتورهای محیطی و شعاع

www.SID.ir

Archive of SID

سرویس‌دهی هر ایستگاه و تمایل مالکان پمپ بنزین جهت احداث ایستگاه شارژ با هزینه‌ی زمین بسیار پایین‌تر از سایر مکان‌ها، بر روی IEEE123 مورد بررسی قرار گرفت. ملاحظه شد، با در نظر گرفتن شهرکی در قسمت شمال‌غرب شهر که میزان رشد خودروها در این مکان نسبت به سایر نواحی ۱/۲ باشد، در هنگام لحاظ نمودن هزینه‌ای برای انتظار رانندگان، ایستگاهی که به این ناحیه اختصاص داده می‌شود بسیار بزرگ‌تر از هنگام در نظر نگرفتن هزینه‌ی انتظار رانندگان خواهد شد و ملاحظه شد با در نظر نگرفتن هزینه‌ی انتظار، عدم توانایی شارژ خودروهای موجود در آن ناحیه را منجر خواهد شد و این موضوع باعث عدم رضایت رانندگان از سرویس‌دهی به خودروهای الکتریکی را در پی داشته و نفوذ آن‌ها را با مشکل مواجه خواهد نمود.

منابع

[1] Global EV Outlook 2013—Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020, International Energy Agency, Clean Energy Ministerial, and Electric Vehicles Initiative, Apr. 2013, pp. 14–15.

[2] Z. Liu, F. Wen, and G. Ledwich, “Optimal planning of electric-vehicle charging stations in distribution systems,” IEEE Trans. Power Del., vol. 28, no. 1, pp. 102–110, Jan. 2013.

[3] CHAdeMO,2010,Available:http://chademo.com/01_What_is_CHAdeMO.html

[4] U.S. Department of Energy (2012). “Alternative Fueling Station Counts by State”. Alternative Fuels Data Center (AFDC).

[5] Renault Press Release (2012). “Renault delivers first ZOE EV”. Green Car Congress.

[6] Brad Berman (2011). “Electric Car Quick Charging in Japan: It’s Nissan Versus Everybody Else”.

[7] “2012 Chinese Auto Industry Development Report”. (2012) Green Car Congress.

[8] F. Xu, G. Q. Yu, L. F. Gu, and H. Zhang, “Tentative analysis of layout of electrical vehicle charging stations,” Proc. East China Elect. Power, vol. 37, no. 10, pp. 1677–1682, Oct. 2009.

[9] C. Y.Wu,C.B.Li, L. Du, andY. J. Cao, “Amethod for electric vehicle charging infrastructure planning,” Autom. Elect. Power Syst., vol. 34, no. 24, pp. 36–39, Dec. 2010.

[10] M.Etezadi-Amoli, K.Choma,andJ.Stefani,“Rapid-charge electric vehicle stations ,” IEEE Trans. Power Del., vol. 25, no. 3, pp. 1883– 1887, Jul. 2010.

[11] 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 minimisation considering voltage regulation,” IET Generat., Transmiss. Distrib., vol. 5, no. 8, pp. 877–888, Aug. 2011.

[12] 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, Sep. 2011.

[13] 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 Syst., vol. 25, no. 1, pp. 371–380, Feb. 2010.

[14] Yue Xiang , Junyong Liu , Ran Li , Furong Li , Chenghong Gu , Shuoya Tang “Economic planning of electric vehicle charging stations considering traffic constraints and load profile templates” Applied Energy 178 (2016) 647–659

[15] Samaneh Pazouki, Amin Mohsenzadeh, Mahmoud-Reza Haghifam, Shahab Ardalan “Simultaneous Allocation of Charging Stations and Capacitors in Distribution Networks Improving Voltage and Power Loss” CANADIAN JOURNAL OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, VOL. 38, NO. 2, SPRING 2015

[16] P. Sadeghi-Barzani, A. Rajabi-Ghahnavieh, and H. Kazemi-Karegar, “Optimal fast charging station placing and sizing,” Appl. Energy, vol. 125, pp. 289–299, Jul. 2014.

[17] Rajabi-Ghahnavieh, P. Sadeghi-Barzani “ Optimal Zonal Fast Charging Station Placement Considering Urban Traffic Circulation” IEEE Transactions on Vehicular Technology 2016

[18] E. Bompard, E. Carpaneto, G. Chicco, and R. Napoli, “Convergence of the backward/forward sweep method for the load-flow analysis ofradial distribution systems,”

[19] Yu-Shan Cheng , Man-Tsai Chuang , Yi-Hua Liu , Shun-Chung Wang , Zong-Zhen Yang “A particle swarm optimization based power dispatch algorithm with roulette wheel re-distribution mechanism for equality constraint” Renewable Energy 88 (2016) 58e72

[20] IEEE Distribution SystemAnalysis Subcommittee, Nov. 5, 2010, IEEE Radial TestFeeders.[Online].Available:http://www.ewh.ieee.org/soc/pes/dsacom/testfeeds.html

www.SID.ir