

مکان‌یابی پارکینگ خودروهای الکتریکی با در نظر گرفتن اطلاعات GIS و وسعت مناطق

شهری

محمد رضا آقاابراهیمی^۱، مهدی تورانی^۲ و محمد مهدی قاسمی پور^۳

۱- دانشیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه بیرجند - بیرجند- ایران

Aghaebrahimi@birjand.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه بیرجند- بیرجند- ایران

Tourani_mahdi@yahoo.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه بیرجند- بیرجند- ایران

mahdi.ghasemipour@gmail.com

چکیده: با افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و نگرانی‌های زیست محیطی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد و خورشید افزایش یافته است. همچنین، استفاده از خودروهای الکتریکی (EV) و خودروهای هیبریدی قابل اتصال به شبکه (PHEV) که با عنوان V2G شناخته می‌شوند توسعه یافته است. با توجه به فراگیر شدن استفاده از این خودروها در آینده‌ای نزدیک، پارکینگ خودروهای الکتریکی (EVP) به عنوان منابع تولید تولید پراکنده (DG) و ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی مورد توجه قرار می‌گیرند. مکان قرار گرفتن این پارکینگ‌ها برای شرکت‌های توزیع برق از نقطه نظر کاهش تلفات و برای شهرداری‌ها از نقطه نظر وسعت منطقه شهری که قرار است پارکینگ در آن احداث شود دارای اهمیت است. در این مقاله، به موضوع مکان‌یابی پارکینگ خودروهای الکتریکی با در نظر گرفتن اطلاعات GIS و وسعت مناطق شهری، با هدف تسریع در مکان‌یابی پارکینگ‌ها توسط الگوریتم‌های تکاملی مختلف به منظور کاهش مکان‌های کاندید، بررسی و مقایسه کارایی این الگوریتم‌ها و همچنین، رضایت‌مندی شرکت توزیع برق و شهرداری‌ها پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: پارکینگ خودروهای الکتریکی، اطلاعات GIS شهری، مکان‌یابی، خودروهای الکتریکی، الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA)، الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)، الگوریتم ژنتیک (GA)

۱- مقدمه

تولید و انتقال و توزیع برق می‌شوند. فناوری‌های منابع تولید پراکنده شامل: فتوولتائیک، بادی، پیل سوختی، CHP و... می‌شوند [۱]. پارکینگ خودروهای برقی (EVP) نمونه جدیدی از منابع تولید پراکنده هستند که در آینده استفاده خواهند شد. امروزه به سبب افزایش هزینه سوخت‌های فسیلی و نگرانی‌های زیست محیطی، کارخانه‌های خودروسازی بزرگ دنیا گام‌های اولیه در مقابله با این امر را برداشته اند که از جمله آن می‌توان به تولید خودروهای برقی و خودروهای برقی قابل اتصال به شبکه (PHEV) اشاره کرد. با توسعه این خودروها، مقدار زیادی از انرژی الکتریکی می‌تواند در باتری خودروهای الکتریکی ذخیره شود و در زمان مناسب به شبکه باز گردانده شود [۲].

امروزه منابع تولید پراکنده (DG) برای صنعت برق جذابیت ویژه‌ای دارند. این منابع در برخی مواقع جایگزین پروژه‌های توسعه تولید یا انتقال شده و یا آن‌ها را به تعویق می‌اندازند و بدین گونه باعث افزایش سودآوری شرکت‌های

^۱ تاریخ ارسال مقاله : ۱۳۹۲/۳/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۳/۸/۷

نام نویسنده مسؤول : محمد رضا آقاابراهیمی

نشانی نویسنده مسؤول : ایران- بیرجند- دانشگاه بیرجند- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

خودروهای برقی در زمان مصرف کم بار از شبکه شارژ و در زمان پیک بار دشارژ شوند، هزینه تولید کاهش پیدا خواهد کرد. برنامه‌ریزی زمان شارژ و دشارژ خودروهای برقی و تاثیر این خودروها بر شبکه قدرت در منابع [۱۲]- [۷] مطالعه شده است.

دیدگاه دوم به مکان‌یابی پارکینگ خودروهای الکتریکی می‌پردازد. قرارگیری نامناسب پارکینگ‌ها ممکن است تاثیرات نامطلوبی بر شبکه گذاشته و تلفات را افزایش دهد که با بهینه کردن مکان قرارگیری پارکینگ می‌توان این تلفات را کاهش داد.

پیرامون مکان‌یابی پارکینگ خودروهای برقی (EVP)، در منبع [۱۳] به مکان‌یابی پارکینگ خودروهای برقی و تولیدات پراکنده به منظور کاهش تلفات سیستم و در منبع [۱۴] به مکان‌یابی پارکینگ خودروهای برقی به منظور بهبود محدوده پایداری ولتاژ پرداخته شده است.

در مقاله حاضر پارکینگ‌ها برای حضور خودروها اعم از برقی و غیر برقی در نظر گرفته شده اند. از این رو، با توجه به نیاز شهرداری‌ها به احداث پارکینگ در هر منطقه متناسب با ترافیک و تراکم جمعیتی، اطلاعات شهری توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برداشت شده و به کمک آن مکان‌یابی پارکینگ به منظور کاهش تلفات انجام می‌شود. در این حالت، ضمن برآورده شدن نیازهای شهری برای احداث فضای پارک وسایل نقلیه، بازدهی سیستم‌های الکتریکی نیز بهبود می‌یابد. از دیگر مزایای ترکیب مکان‌یابی پارکینگ با استفاده از اطلاعات شهری می‌توان به افزایش حضور خودروهای الکتریکی به سبب در نظر گرفتن تراکم جمعیتی اشاره کرد. این نوع مکان‌یابی علاوه بر مزایای یاد شده، باعث تسریع در امر مکان‌یابی به دلیل کاهش مکان‌های کاندید برای احداث پارکینگ می‌شود.

به تازگی تلاش‌های زیادی برای حل مسائل بهینه‌سازی در حوزه‌های مختلف انجام شده و به تبع آن روش‌های مختلفی برای حل این مسائل ارایه شده است. الگوریتم‌های تکاملی (EA)، از جمله روش‌هایی هستند که با مدل کردن فرایند تکامل طبیعی، سعی در یافتن جواب بهینه برای مسائل بهینه‌سازی می‌کنند. این موضوع از طریق تکامل دادن جمعیتی از راه حل‌های کاندید، مشابه فرایند تکامل جمعیت

مزایای به دست آمده از نفوذ بالای خودروهای برقی در شبکه قدرت را می‌توان به سه دسته کلی مزایای بازاری، مزایای فنی و مزایای زیست محیطی تقسیم‌بندی کرد. از جمله مزایای حضور خودروهای برقی در بازار می‌توان به افزایش منابع تامین کننده ذخیره گردان، افزایش منابع تامین کننده خدمات تنظیم فرکانس، صرفه اقتصادی برای مالکین خودروهای برقی، پیشگیری از جهش (بی ثباتی) قیمت، کاهش عدم قطعیت منابع انرژی تجدید پذیر با عدم قطعیت بالا و به تعویق انداختن نیاز به توسعه تولید و انتقال اشاره کرد. در صورت برنامه‌ریزی در بهره‌برداری از خودروهای برقی، مزایای فنی از قبیل امکان افزایش بار پایه، کاهش حداکثر تولید (اوج تقاضا از دید واحدهای نیروگاهی)، افزایش ضریب بار، افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات شبکه انتقال و توزیع، بهره برداری کارآمدتر از تجهیزات شبکه و افزایش ضریب کارکرد واحدهای نیروگاهی در اثر افزایش ضریب بار، حاصل خواهد شد. از جمله مزایای زیست محیطی استفاده از این خودروها نیز می‌توان به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اشاره نمود [۶-۳].

پارکینگ خودروهای برقی (EVP) به عنوان منابع تولید پراکنده در بار پیک شناخته می‌شوند؛ زیرا انرژی ذخیره شده در باتری خودروها در بار پیک قابل دسترس برای انتقال به شبکه بوده و در زمان مصرف کم بار، پارکینگ‌ها از شبکه انرژی دریافت کرده و این انرژی را در باتری خودروها ذخیره می‌کنند. در نتیجه می‌توان از پارکینگ خودروهای برقی (EVP) برای مسطح‌سازی منحنی بار استفاده کرد.

با نفوذ زیاد خودروهای برقی به دلیل ماهیت تصادفی شارژ و دشارژ خودروها و همچنین، ماهیت تصادفی قرار گرفتن خودروها در مکان‌های مختلف، ممکن است حضور این خودروها تاثیر معکوس و نامطلوبی بر شبکه توزیع بگذارد [۷]. بدین منظور بهینه‌سازی حضور خودروهای برقی از دو دیدگاه انجام می‌شود:

اولین دیدگاه به بهینه‌سازی برنامه‌ریزی زمان شارژ و دشارژ در محدوده پارکینگ می‌پردازد. بدین گونه که وظیفه پارکینگ خودروهای برقی دستیابی به ظرفیت ذخیره‌سازی بیشتر به وسیله گردآوری خودروهای برقی که دارای باتری‌های با ظرفیت پایین هستند می‌باشد. حال اگر

کاهش تلفات سیستم شده و رضایتمندی شرکت‌های توزیع برق را نیز به همراه خواهند داشت.

استفاده از الگوریتم‌های تکاملی برای مسائل مکان‌یابی پارکینگ خودروهای الکتریکی، با توجه به ماهیت غیر خطی مسئله نسبت به راه‌حل‌های کلاسیک برتری دارد. در این میان روش‌های هوشمند مختلفی در حوزه مهندسی و ریاضی برای حل مسائل بهینه‌سازی موجود بوده که هر یک در دقت جواب، سرعت و نحوه رسیدن به پاسخ بهینه متفاوت هستند. استفاده از الگوریتم‌های مناسب می‌تواند ضمن افزایش سرعت حل مسائل، باعث بهبود جواب بهینه شود.

بدین منظور، در این مقاله به مکان‌یابی بهینه پارکینگ خودروهای برقی با در نظر گرفتن اطلاعات GIS و وسعت مناطق شهری به منظور کاهش تلفات شبکه توزیع با استفاده از چند الگوریتم تکاملی مختلف پرداخته شده است. در بخش ۳ مقاله تابع هدف و در بخش ۴ قیود تابع هدف معرفی خواهند شد. در بخش ۵ پخش بار جاروب رفت و برگشت برای محاسبه مقدار شاخص‌ها تشریح و در بخش ۶ چند روش بهینه‌سازی برای دست یافتن به بهترین جواب معرفی می‌شود که در ادامه کارایی آن‌ها بر روی مسئله ارزیابی می‌شود.

در نهایت، در بخش ۷ و ۸ مطالعات عددی و نتایج حاصل از آن ارائه خواهند شد.

۳- تابع هدف

برای مکان‌یابی پارکینگ خودروهای الکتریکی نیاز به تعریف تابع هدف است. تابع هدف می‌تواند برای اهداف مختلف انتخاب شود. در این مقاله، تابع هدف به منظور کاهش هزینه سیستم انتخاب شده است. این هزینه شامل دو هزینه تلفات و هزینه پارکینگ است.

$$\text{cost} = (\text{PW} \times C_E \times P_{\text{loss}} \times t \times L_{\text{sf}}) + \text{cost}_{\text{parking}} \quad (1)$$

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

$$\text{cost}_{\text{parking}} = C_{\text{ground}} + C_{\text{str}} \quad (3)$$

زیستی انجام می‌شود که می‌تواند با تغییرات محیطی سازگار شود. این الگوریتم‌ها از پدیده‌های طبیعی و یا از پدیده‌های اجتماعی-انسانی الهام گرفته شده‌اند.

در این مقاله، علاوه بر ارایه یک مدل جدید برای حضور خودروهای الکتریکی در شبکه قدرت، به حل مسئله بهینه‌سازی ناشی از آن با استفاده از روش‌های هوشمند و مقایسه الگوریتم‌های مختلف پرداخته شده است.

۲- تعریف مسئله

با توسعه خودروهای برقی در آینده نزدیک، باتری این خودروها قادر به ذخیره‌سازی انرژی در ساعات غیر پیک بوده و نیز می‌توانند در زمان مناسب، مثلاً در ساعات پیک مصرف، انرژی ذخیره شده را به شبکه باز گردانند. در نتیجه، پارکینگ خودروهای برقی (EVP) در زمان پیک مصرف می‌تواند مانند واحدهای تولید پراکنده (DG) و در زمان مصرف بار کم، به عنوان بار شبکه عمل کنند که باعث کاهش هزینه‌های تولید به سبب مسطح شدن منحنی بار و همچنین، کاهش تلفات سیستم به دلیل عملکرد پارکینگ خودروهای برقی مانند واحدهای تولید پراکنده در سیستم انتقال و توزیع شوند.

با در نظر گرفتن قابلیت اتصال به شبکه برای خودروهای برقی در پارکینگ‌های معمولی و تجهیز این مکان‌ها به تجهیزات شارژ و دشارژ، منافع بیشتری برای شرکت‌های توزیع برق و شهرداری‌ها در احداث پارکینگ‌ها به وجود می‌آید. در نتیجه، نیازی به احداث پارکینگ مجزا برای خودروهای برقی و به تبع آن افزایش هزینه‌های شرکت نخواهد بود. همچنین، به دلیل اینکه شهرداری‌ها تعداد پارکینگ‌ها در هر منطقه را براساس اطلاعات GIS و وسعت آن منطقه در نظر می‌گیرند، مکان‌یابی پارکینگ‌ها متناسب با این اطلاعات و مکان‌یابی منطقه ای پارکینگ‌ها موجب تسریع در امر مکان‌یابی به دلیل کاهش مکان‌های کاندید شده و همچنین، موجب رضایتمندی شهروندانی که دارای خودروهای برقی هستند (به واسطه پارک خودروهایشان در مکان‌های مطلوب‌تر) می‌شود. از طرف دیگر، به دلیل عملکرد این پارکینگ‌ها به عنوان منابع تولید پراکنده در ساعات پیک مصرف، این پارکینگ‌ها موجب

۴-۲- قیود پارکینگ‌های V2G

$$P_{\text{parking}} = 0.04 \times P_D \quad (11)$$

که در آن P_{parking} ظرفیت الکتریکی پارکینگ و P_D بار سیستم است.

۴-۳- محدودیت بارگذاری خط

$$|I_{ij}| \leq |I_{ij}|^{\text{max}} \quad (12)$$

۵- پخش بار جاروب رفت و برگشت برای

محاسبه مقدار شاخص‌ها

همگرایی روش‌های متداول پخش بار مانند گوس-سایدل، نیوتن-رافسون و سایر آن، که بیشتر برای پخش بار در خطوط انتقال استفاده می‌شوند، در گرو عواملی چون نسبت $R \setminus X$ پایین است. با توجه به اینکه در سیستم توزیع فاصله فازهای رفت و برگشت کم است، X به سمت مقدار ناچیز نزدیک می‌شود و تنها R اهمیت پیدا می‌کند. در نتیجه همگرایی این روش‌ها تضمین نشده و نیاز به استفاده از روش‌هایی کارا در سیستم توزیع احساس می‌شود که از این میان روش پخش بار جاروب رفت و برگشت از صحت و سرعت قابل قبولی برخوردار است [۱۶].

شبه کد این روش به شکل زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$(1) \quad \text{اطلاعات شبکه توزیع را دریافت کن،}$$

$$(2) \quad \text{ولتاژ کلیه باس‌ها را } 1 \text{ pu فرض کن،}$$

$$(3) \quad \text{جریان هر یک از بارها را محاسبه کن،}$$

$$(4) \quad \text{از انتهای فیدر، جریان شاخه‌ها را با استفاده از}$$

KCL محاسبه کن،

$$(5) \quad \text{از ابتدای فیدر، ولتاژ گره‌ها را با استفاده از KVL}$$

محاسبه کن،

پس از اصلاح ولتاژ باس‌ها، اگر شرط همگرایی

برآورده نشد، به مرحله ۳ برگرد و جریان بارها را مجدداً

$$PW = \sum_{i=1}^T \left(\frac{1+f}{1+d} \right)^i \quad (4)$$

که در آن $cost$ تابع هزینه، C_E هزینه تلفات بر حسب دلار بر کیلو وات ساعت، R_{ij} مقاومت خط بین باس i ، I_{ij} جریان خط بین باس i ، $cost_{\text{parking}}$ هزینه احداث پارکینگ، C_{ground} هزینه زمین پارکینگ، T بازه طراحی، t تعداد ساعات سال، L_{sf} ضریب تلفات، f نرخ تورم، d نرخ بهره، PW ارزش حال و C_{str} هزینه تجهیزات پارکینگ هستند و هدف، کمینه کردن تابع هزینه است.

۴- قیود تابع هدف

۴-۱- قیود پخش بار

$$g(v, \theta) = 0 \quad (5)$$

برای باس‌های PQ:

$$g(v, \theta) = \begin{cases} P_t(v, \theta) - P_t^{\text{sch}} \\ Q_t(v, \theta) - Q_t^{\text{sch}} \end{cases} \quad (6)$$

برای باس‌های PV:

$$g(v, \theta) = P_m(v, \theta) - P_m^{\text{sch}} \quad (7)$$

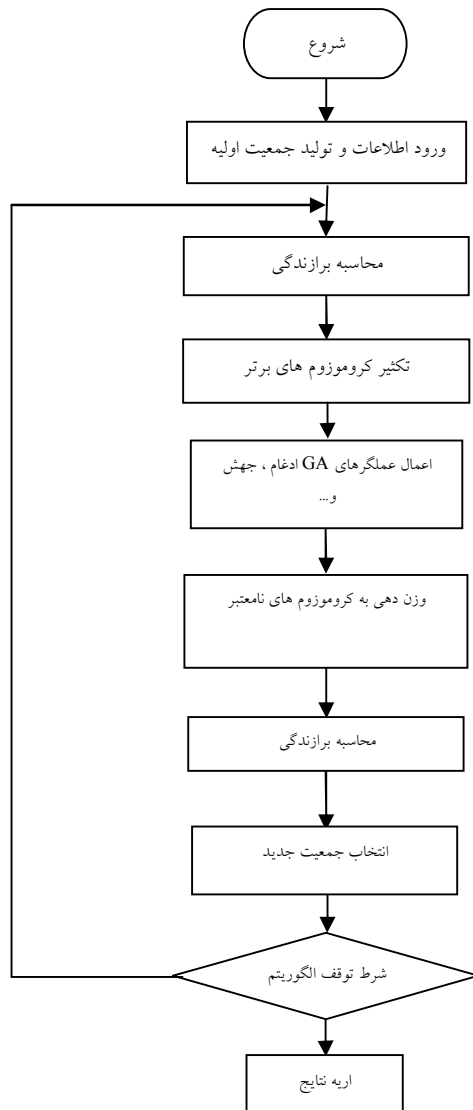
$$P_g + \sum P_{V2G} = P_D + P_{\text{loss}} \quad (8)$$

$$Q_g + \sum Q_{V2G} = Q_D + Q_{\text{loss}} \quad (9)$$

$$V_i^{\text{min}} \leq V_i \leq V_i^{\text{max}} \quad (10)$$

که در روابط بالا P_t ، P_m و Q_m توان محاسبه شده در پخش بار و P_t^{sch} ، P_m^{sch} و Q_t^{sch} توان برنامه‌ریزی شده برای همان باس هستند. V_i^{min} کمینه مقدار مجاز ولتاژ در باس i ام و V_i^{max} بیشینه مقدار ولتاژ مجاز در باس i ام است.

می‌توان در شکل ۱ مشاهده کرد.



شکل (۱): فلوچارت الگوریتم ژنتیک (GA)

الگوریتم PSO، یک الگوریتم محاسبه‌ای تکاملی الهام گرفته از طبیعت و براساس تکرار است. منبع الهام این الگوریتم، رفتار اجتماعی حیوانات، همانند حرکت دسته جمعی پرندگان و ماهی‌ها بود. PSO با یک ماتریس جمعیت تصادفی اولیه شروع می‌شود و هر عنصر جمعیت، یک ذره نامیده می‌شود. در واقع الگوریتم PSO از تعداد مشخصی از ذرات تشکیل می‌شود که به طور تصادفی، مقدار اولیه می‌گیرند. برای هر ذره دو مقدار وضعیت و سرعت، تعریف می‌شود که به ترتیب با یک بردار مکان و

محاسبه کن؛ در صورت برآورده شدن شرط همگرایی، پخش بار پایان پذیرفته است.

۶- روش بهینه‌سازی

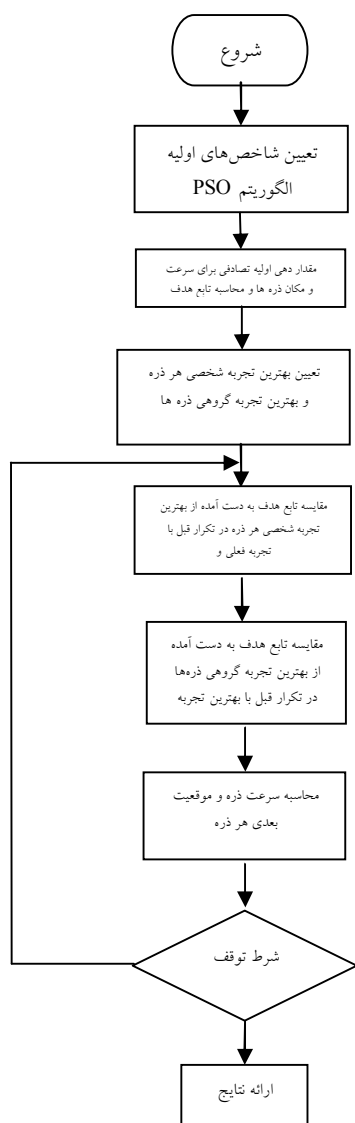
به طور کلی دو ویژگی برجسته که تایید کننده کارایی یک الگوریتم بهینه‌سازی در دنیای مهندسی است، نزدیک بودن جواب‌ها به بهینه مطلق و هزینه محاسباتی کمتر آن است. هر الگوریتمی که این دو ویژگی را نسبت به سایر الگوریتم‌ها تحقق بخشد می‌تواند به عنوان یک الگوریتم قدرتمند معرفی شود.

در این مقاله، با توجه به ماهیت مسأله، از بین الگوریتم‌های تکاملی مختلف، از الگوریتم ژنتیک (GA)، الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) و الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) به عنوان چند الگوریتم کاندید برای حل مسأله مکان‌یابی پارکینگ خودروهای الکتریکی استفاده شده است.

الگوریتم ژنتیک یک روش برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسأله استفاده می‌کند. مسأله‌ای که باید حل شود ورودی است و راه حل‌ها طبق یک الگو کدگذاری می‌شوند و تابع برازش هر راه حل کاندید را ارزیابی می‌کند که اکثر آن‌ها به شکل تصادفی انتخاب می‌شوند. در اصل این الگوریتم از بخش‌های اصلی تابع برازش، عملگرهای ادغام، جهش، انتخاب و بازتولید تشکیل شده است.

روند کار بدین شکل است که در ابتدا یک مجموعه از جواب‌های تصادفی، ارزیابی و جواب‌های جهت‌دهی شده دیگری از آن‌ها، طی یک فرایند تولیدی، به دست می‌آید. در بین این جواب‌ها ممکن است حالات نامعتبری به وجود آید که باید از فرایند تکثیر حذف شوند. بدین منظور با اعمال جریمه، این نوع حالات به طور طبیعی حذف خواهند شد. سپس، از بین جواب‌های موجود، بهترین آن‌ها انتخاب و وارد سیکل زاد و ولد می‌شوند. این عمل تا فراهم شدن شرط توقف ادامه پیدا خواهد کرد [۱۶]. این چرخه را

آن سرعت و شتاب می‌گیرند. با توجه به این سرعت و شتاب، موقعیت‌های جدیدی برای اجرام به دست می‌آید. این روند تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که بهترین مقدار برازندگی حاصل شود [۱۸]. این چرخه را می‌توان در شکل (۳) مشاهده کرد.



شکل (۲): فلوچارت الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)

یک بردار سرعت، مدل می‌شوند. این ذرات، به شکل تکرار شونده ای در فضای n بعدی مسأله حرکت می‌کنند تا با محاسبه مقدار بهینگی به عنوان یک ملاک سنجش، گزینه‌های ممکن جدید را جستجو کنند. بُعد فضای مسأله، برابر تعداد شاخص‌های موجود در تابع مورد نظر برای بهینه‌سازی است. یک حافظه به ذخیره بهترین موقعیت هر ذره در گذشته و یک حافظه به ذخیره بهترین موقعیت پیش آمده در میان همه ذرات، اختصاص می‌یابد. با تجربه حاصل از این حافظه‌ها، ذرات تصمیم می‌گیرند که در نوبت بعدی چگونه حرکت کنند. در هر بار تکرار، همه ذرات در فضای n بعدی مسأله حرکت می‌کنند تا بالاخره نقطه بهینه عام پیدا شود. ذرات، سرعت‌هایشان و موقعیت‌شان را بر حسب بهترین جواب‌های مطلق و محلی به روز می‌کنند [۱۷]. این چرخه را می‌توان در شکل (۲) مشاهده کرد.

الگوریتم جستجوی گرانشی یک رهیافت جدید برای حل مسائل بهینه‌سازی است. این الگوریتم که با الهام از قانون گرانش طبیعت پیشنهاد شده است یک روش جدید از دسته الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری است. در این روش، عامل‌های جستجو اجرامی هستند که با توجه به نیروی جاذبه‌ای که از سایر اجرام به آنها وارد می‌شود، درکی از فضای جستجو پیدا می‌کنند و با توجه به این درک به جستجوی فضای اطراف خود می‌پردازند.

روند کار در این الگوریتم بدین صورت است که ابتدا فضای سیستم مشخص می‌شود. محیط شامل یک دستگاه مختصات چند بعدی در فضای تعریف مسأله است. هر نقطه از فضا، یک جواب مسأله است. عوامل جستجو کننده، مجموعه‌ای از اجرام با سه شاخصه: الف) موقعیت جرم، ب) جرم گرانشی، و ج) جرم اینرسی هستند. این اجرام برگرفته از مفاهیم جرم گرانشی اکتیو و جرم اینرسی در فیزیک هستند. جرم گرانشی اکتیو، معیاری از میزان شدت نیروی گرانشی حول یک جسم و جرم اینرسی، معیاری از مقاومت جسم در مقابل حرکت است. این دو مشخصه، بر خلاف واقعیت، می‌توانند با یکدیگر برابر نباشند و مقدار آنها با توجه به برازندگی هر جرم تعیین می‌شود. موقعیت جرم، نقطه‌ای در فضا است که جوابی از مسأله می‌باشد. در ادامه به هر یک از اجرام نیرویی وارد می‌شود که متناسب با

پارکینگ اتفاق می افتد [۱۹].

۳- در شبیه سازی پارکینگ ها به شکل یک باس PQ

($Q=0$)، مدل می شوند [۱۹].

۴- تعداد خودروهای الکتریکی در زمان استفاده از آن ها

ثابت است [۱۳].

۵- باتری خودروها با توجه به مشخصات داده شده در

[۲۰] با توان ثابت ۲/۵ KW شارژ شده اند. تعداد خودروها

در هر پارکینگ برابر ۱۶۵ عدد خودروی برقی فرض

می شود. در نتیجه، ظرفیت توان هر پارکینگ ثابت و برابر با

۴۱۲ / ۵ KW در پیک بار است.

در این مقاله، از ساختار شبکه استاندارد ۶۹ باس IEEE

[۲۱]، که در شکل (۴) نشان داده شده، استفاده شده است.

اطلاعات مربوط به شبکه مورد استفاده در پیوست آورده

شده است.

مکان یابی پارکینگ ها در بار پیک و در حالت دشوار

خودروها با ظرفیت مشخص در ۲ سناریو انجام شده است:

در سناریوی اول، مکان یابی پارکینگ ها بدون در نظر

گرفتن اطلاعات GIS و وسعت مناطق شهری با استفاده از

۳ الگوریتم ژنتیک (GA)، ازدحام ذرات (PSO) و

جستجوی گرانشی (GSA) انجام شده و به نقش روش های

هوشمند در رسیدن به جواب مسأله و نحوه رسیدن به پاسخ

بهینه پرداخته شده است.

در سناریوی دوم نقش تراکم جمعیتی با استفاده از

اطلاعات GIS به مسأله اضافه شده و اثر آن نشان داده شده

است.

برای هزینه احداث پارکینگ، دو هزینه قیمت زمین و

قیمت تجهیزات فرض می شود. قیمت زمین ۱۰۰۰ دلار بر

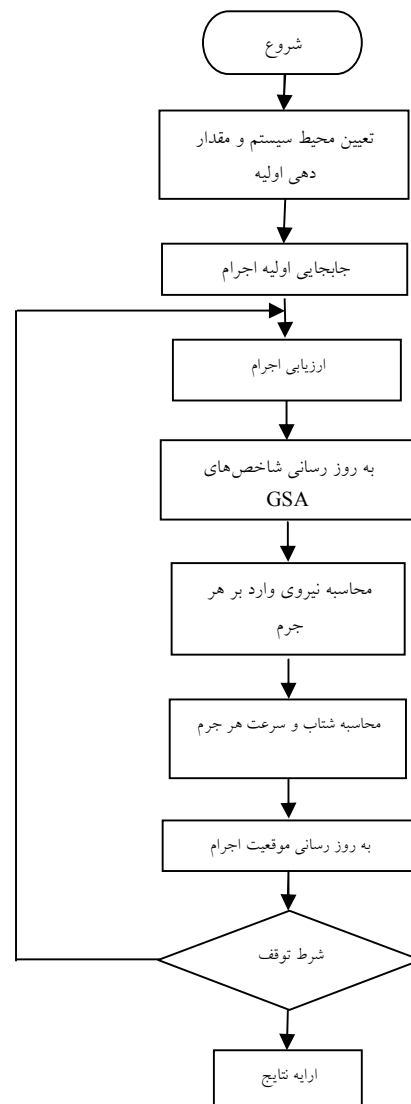
متر مربع [۲۲] و قیمت تجهیزات نیز برای هر خودرو

الکتریکی مقدار ۳۰۰ دلار [۲۲] فرض شده است. عمر مفید

پارکینگ ها ۳۵ سال، نرخ بهره ۰/۱۴ و نرخ تورم ۰/۰۸

منظور شده و نیز تلفات شبکه مورد مطالعه ۲۵۱/۰۲ کیلو

وات است.



شکل (۳): فلوجارت الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA)

۷- مطالعات عددی و نتایج

قبل از مشاهده نتایج لازم است برخی فرضیات در این

شبیه سازی بیان شوند:

۱- در شینه متصل به منبع تغذیه (باس slack) امکان

نصب پارکینگ وجود ندارد.

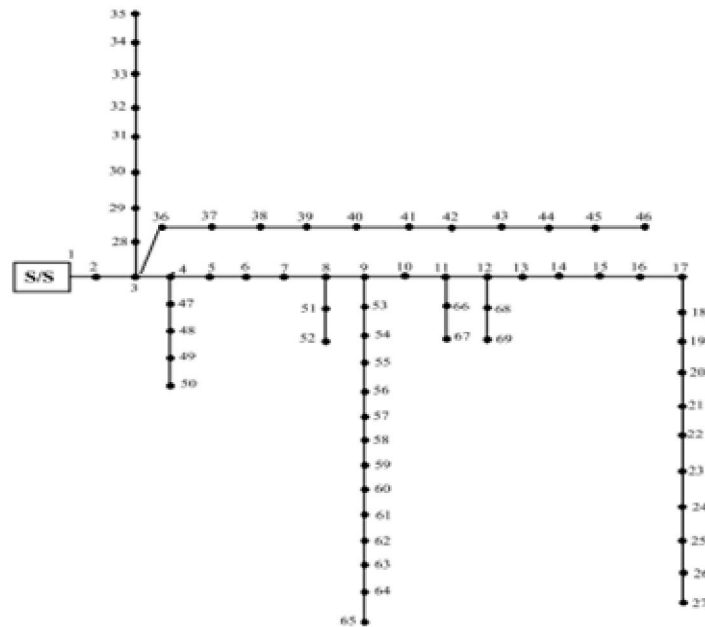
۲- در روزهای معمولی، مشترکین صبح ها پس از رفتن

به محل کار خود، خودرو را در پارکینگ ها قرار داده و

بعد از ظهرها آن را خارج می کنند. این خودروها برای شارژ

در منزل به شبکه الکتریکی متصل می شوند. فرض بر این

است که پیک مصرف برق در زمان حضور خودروها در



شکل ۴- سیستم ۶۹ شینه IEEE [۲۱]

جدول (۲): مقایسه سه الگوریتم در سناریو اول

	Converge Iteration	Converge Time(sec)	Fitness(\$)
GA	۳۰	۲۹/۸۹۲	۱۵۹۲۸۱۳۴/۷
PSO	۱۶	۱۶/۹۳۹	۱۵۹۲۸۱۳۴/۷
GSA	۱۰	۱۰/۵۹۲	۱۵۹۴۰۲۲۰/۸

طبق نتایج شبیه‌سازی، میزان تلفات در دو الگوریتم GA و PSO به میزان ۱۱۹/۹۰۶۸ کیلو وات و در GSA ۱۲۰/۱۵۷۵ کیلو وات است. همان‌طور که مشخص است این مقادیر بسیار نزدیک به هم بوده ولی در عین حال نشان دهنده دقت بیشتر ۰/۰۷۵ درصدی الگوریتم ژنتیک و ازدحام ذرات نسبت به الگوریتم جستجوی گرانشی در این مسئله است. این مقادیر نسبت به حالت بدون پارکینگ تقریباً ۵۲/۲ درصد بهبود را نشان می‌دهد. در این حالت، موتور جستجو برای پیدا کردن جواب الگوریتم‌ها فضای ۱۰۴۲۴۱۲۸ نقطه‌ای را بررسی کرده است.

از نظر سرعت و تکرار همگرایی، عملکرد GSA بسیار مطلوب‌تر از دو الگوریتم دیگر است به نحوی که الگوریتم جستجوی گرانشی در تکرار ۱۰ به پاسخ بهینه می‌رسد اما تکرار همگرایی دو الگوریتم دیگر برای ژنتیک و ازدحام

۷-۱- سناریوی اول: مکان‌یابی پارکینگ

خودروهای الکتریکی

در این سناریو ۵ پارکینگ بر روی شبکه آزمایشی با معیار توابع هدف، مکان‌یابی می‌شوند. به منظور بررسی کارایی روش‌های هوشمند بر روی این مسئله، از ۳ الگوریتم GA، PSO و GSA استفاده شده است که عملکرد این ۳ روش به همراه نتایج شبیه‌سازی در جدول ۱ و ۲ بیان می‌شود.

جدول (۱): نتایج شبیه‌سازی سناریو اول

	GA	PSO	GSA
Parking Bus1	۲۶	۲۶	۲۶
Parking Bus2	۱۸	۱۸	۱۹
Parking Bus3	۱۲	۱۲	۱۲
Parking Bus4	۴۶	۴۶	۴۵
Parking Bus5	۶۲	۶۲	۶۲
Losses (KW)	۱۱۹/۹۰۶۸	۱۱۹/۹۰۶۸	۱۲۰/۱۵۷۵
Cost (\$)	۱۵۹۲۸۱۳۴/۷	۱۵۹۲۸۱۳۴/۷	۱۵۹۴۰۲۲۰/۸
Number of candidate allocations	۱۰۴۲۴۱۲۸	۱۰۴۲۴۱۲۸	۱۰۴۲۴۱۲۸

اطلاعات تعداد پارکینگ مورد نیاز مشخص شده، که در این مقاله بر اساس اطلاعات GIS شهری و نیز وسعت مناطق برای منطقه ۱ که دارای وسعت کمتر بوده ۱ پارکینگ و برای مناطق ۲ و ۳ که وسعت بیشتری دارند ۲ پارکینگ مورد نیاز است. براساس تعداد پارکینگ مورد نیاز در هر منطقه به مکان‌یابی پارکینگ در هر منطقه پرداخته شده است و نتایج شبیه‌سازی در جدول (۴) آورده شده است. قیمت زمین در سناریوی دوم به خاطر استفاده‌های جانبی دیگر از این مکان‌ها برای پارک سایر خودروها، و در نتیجه آن برگشت بخشی از سرمایه از طریق شهرداری‌ها، مقدار نصف سرمایه‌گذاری یعنی ۵۰۰ دلار بر متر مربع در نظر گرفته شده است.

ذرات به ترتیب ۳۰ و ۱۶ است.

نمودار همگرایی سه الگوریتم در شکل ۵ نشان داده

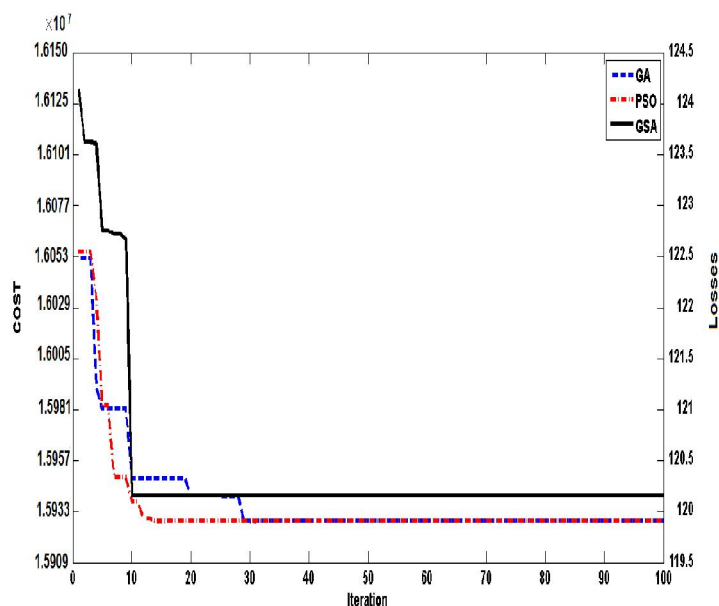
شده است:

۲-۷- سناریوی دوم: مکان‌یابی پارکینگ

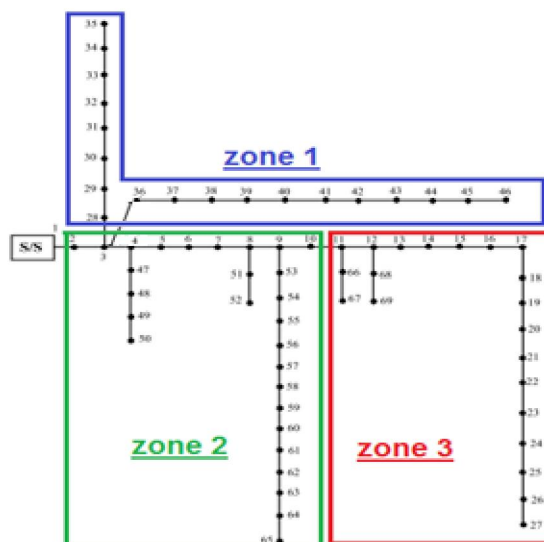
خودروهای الکتریکی با در نظر گرفتن اطلاعات

GIS و وسعت مناطق شهری

در این سناریو به نقش اطلاعات GIS و وسعت مناطق شهری در بهبود عملکرد مساله مکان‌یابی پرداخته شده است. برای این منظور، شهرداری مطابق با شکل (۶) و بر اساس اطلاعات GIS شهری و نیز وسعت منطقه، شهر را که دارای ۶۹ باس از لحاظ مشترک برقی است به ۳ منطقه مختلف تقسیم کرده است. برای هر منطقه با توجه به این



شکل ۵- نمودار همگرایی الگوریتم‌ها در سناریوی اول



شکل ۶- تقسیم بندی شبکه آزمایشی ۶۹ باسه IEEE براساس اطلاعات GIS و وسعت هر منطقه

با اجرای برنامه شبیه‌سازی و ورود اطلاعات GIS به آن نتایج به شکل جداول ۴ و ۵ حاصل می‌شود.

در سناریوی دوم میزان تلفات به $121/7993$ کیلو وات می‌رسد که این نشان از بهبود تقریبی $51/5$ درصدی نسبت به حالت بدون پارکینگ دارد. این در حالی است که در سناریوی اول میزان تلفات $119/9068$ کیلووات بوده است. البته در این سناریو نیز الگوریتم ژنتیک و ازدحام ذرات از نظر ارزش مقدار بهینه دقت بهتری در حدود $0/11$ درصدی دارند که ناچیز است. نکته قابل توجه اینکه الگوریتم مورد استفاده در این سناریو تنها نیاز به بررسی 607 حالت دارد که این به خاطر تاثیر دادن اطلاعات GIS است. این تعداد نسبت به سناریوی قبل با نقاط کاندید 10424128 اختلاف قابل توجهی دارد. همان‌طور که مشخص است، با ناحیه‌بندی شهری به خاطر نیاز ساکنین به احداث محل‌های پارک وسایل نقلیه، تعداد نقاط کاندید به میزان چشم‌گیری کاهش می‌یابد که این باعث افزایش سرعت برنامه می‌شود. در بهترین حالت از نظر سرعت اجرای برنامه، الگوریتم جستجوی گرانشی که در سناریوی اول در تکرار ۱۰ و با زمان $10/592$ به همگرایی رسیده بود در این سناریو در تکرار ۴ و با مدت زمان $6/718$ به پاسخ بهینه خود خواهد رسید. سایر ویژگی‌های این دو سناریو در جدول ۶ با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول ۳- اطلاعات GIS و تعداد پارکینگ مورد نیاز

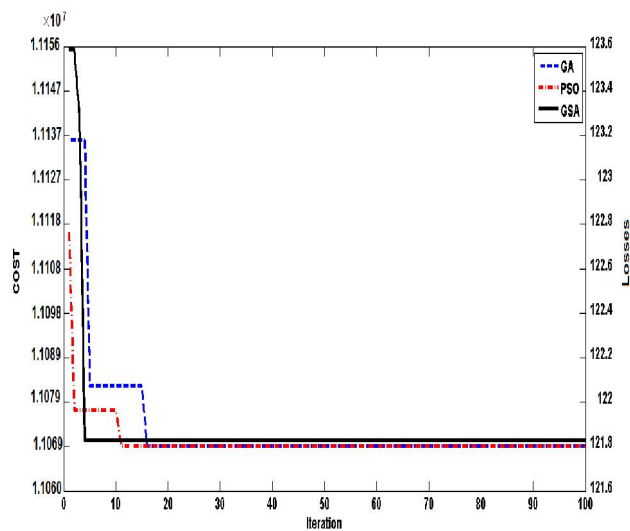
Zones	Parking number
Zone 1	۱
Zone 2	۲
Zone 3	۲

جدول ۴- نتایج شبیه‌سازی سناریو دوم

	GA	PSO	GSA
Parking Bus1	۲۶	۲۶	۲۷
Parking Bus2	۱۸	۱۸	۵۲
Parking Bus3	۱۰	۱۰	۱۳
Parking Bus4	۴۶	۴۶	۴۶
Parking Bus5	۶۲	۶۲	۵۷
Losses (KW)	$121/7993$	$121/7993$	$121/8258$
Cost (\$)	$11069370/9$	$11069370/9$	$11070648/5$
Number of candidate allocations	۶۰۷	۶۰۷	۶۰۷

جدول ۵- مقایسه سه الگوریتم در سناریو اول

	Converge Iteration	Converge Time(sec)	Fitness(\$)
GA	۱۶	$18/826$	$11069370/9$
PSO	۱۱	$12/924$	$11069370/9$
GSA	۴	$6/718$	$11070648/5$



شکل ۷- نمودار همگرایی الگوریتم‌ها در سناریوی دوم

صاحبان خودروهای برقی به دلیل پارک خودروهایشان در مکان‌های مطلوب‌تر، به واسطه در نظر گرفتن اطلاعات GIS در مکان‌یابی پارکینگ‌ها، حاصل می‌شود.

۸- نتیجه‌گیری

با توجه به نگرانی‌های زیست محیطی و توسعه خودروهای الکتریکی در آینده نزدیک، از پارکینگ‌های خودروهای برقی می‌توان به عنوان منابع تولید پراکنده در پیک مصرف استفاده کرد. مکان‌یابی پارکینگ‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا در صورت انتخاب مکان نامناسب ممکن است حضور این خودروها تاثیر نامناسب بر شبکه داشته باشد.

با حضور خودروها، اعم از الکتریکی و معمولی، در این پارکینگ‌ها و با مکان‌یابی مناسب آن‌ها، کاهش هزینه تلفات و کاهش هزینه احداث پارکینگ ممکن می‌شود. از طرفی دیگر با به کار بردن اطلاعات GIS در مکان‌یابی پارکینگ‌ها می‌توان نقاط کاندید را به طور در خور توجهی کاهش داد که این کار باعث افزایش سرعت بهینه‌سازی می‌شود.

به منظور رسیدن به پاسخ بهینه در مسأله مکان‌یابی در کنار ارایه مدلی جدید، از الگوریتم‌های متفاوتی در این مقاله استفاده شده و کارایی آن‌ها در حل مسأله با توجه به ویژگی‌های مختلف ارزیابی شده است.

جدول ۶- مقایسه سه الگوریتم در سناریو اول

		Iteration	Time	Cost
GA	SC1	۳۰	۲۹/۸۹۲	۱۵۹۲۸۱۳۴/۷
	SC2	۱۶	۱۸/۸۲۶	۱۱۰۶۹۳۷۰/۹
PSO	SC1	۱۶	۱۶/۹۳۹	۱۵۹۲۸۱۳۴/۷
	SC2	۱۱	۱۲/۹۲۴	۱۱۰۶۹۳۷۰/۹
GS A	SC1	۱۰	۱۰/۵۹۲	۱۵۹۴۰۲۲۰/۸
	SC2	۴	۶/۷۱۸	۱۱۰۷۰۶۴۸/۵

بیشترین اختلاف تلفات در دو سناریو تنها ۱/۹۲ کیلو وات بوده که این مقدار در مقایسه با کاهش هزینه احداث پارکینگ در سناریوی دوم ناچیز است. در مجموع، با جمع هزینه تلفات و هزینه احداث پارکینگ در دو سناریو، مشخص می‌شود سناریوی دوم بازدهی بیشتری نسبت به سناریوی اول دارد. این به این خاطر است که در سناریوی دوم هزینه احداث پارکینگ الکتریکی به علت اشتراک با پارکینگ‌های معمولی شهری کاهش می‌یابد. حال آنکه در سناریوی اول چون از اطلاعات شهری استفاده نشده، پارکینگ‌ها مخصوص شارژ و دشارژ طراحی شده و هزینه احداث به نسبت حالت مشترک با سایر خودروها، بیشتر است.

از سویی دیگر، با در نظر گرفتن اطلاعات شهری علاوه بر رضایتمندی شرکت‌های توزیع برق به دلیل کاهش تلفات، رضایتمندی شهرداری‌ها به دلیل کاهش هزینه احداث پارکینگ‌های مجزا برای خودروها و نیز رضایتمندی

پیوست‌ها

جدول ۷- اطلاعات ساختار اصلاح شده شبکه ۶۹ باسه IEEE

bus num	Send bus	Recive bus	P (Kw)	Q (KVAR)	$R(\Omega)$	$X(\Omega)$
۳۵	۳	۳۶	۷۰	۳۰	۰/۰۰۴۴	۰/۰۱۰۸
۳۶	۳۶	۳۷	۲۶	۱۸/۵۵	۰/۰۶۴	۰/۱۵۶۵
۳۷	۳۷	۳۸	۲۶	۱۸/۵۵	۰/۱۰۵۳	۰/۱۲۳
۳۸	۳۸	۳۹	۱۰۰	۵۰	۰/۰۳۰۴	۰/۰۳۵۵
۳۹	۳۹	۴۰	۲۴	۱۷	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۲۱
۴۰	۴۰	۴۱	۸۰	۱۷	۰/۷۲۸۳	۸۵۰۹
۴۱	۴۱	۴۲	۱/۲	۱	۰/۳۱	۰/۳۶۲۳
۴۲	۴۲	۴۳	۱۰۰	۶۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۷۸
۴۳	۴۳	۴۴	۸۰	۳۰	۰/۰۰۹۲	۰/۰۱۱۶
۴۴	۴۴	۴۵	۵۰	۰	۰/۱۰۸۹	۰/۱۳۷۳
۴۵	۴۵	۴۶	۱۹۲/۲	۸۰	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۲
۴۶	۴	۴۷	۱۰۰	۶۰	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۸۴
۴۷	۴۷	۴۸	۵۰	۲۰	۰/۰۵۸۱	۰/۲۰۸۳
۴۸	۴۸	۴۹	۷۹	۵۶/۴	۰/۲۸۹۸	۰/۷۰۹۱
۴۹	۴۹	۵۰	۴۰۰	۲۷۴/۵	۰/۰۸۲۲	۰/۲۰۱۱
۵۰	۸	۵۱	۴۰۰	۲۷۴/۵	۰/۰۹۲۸	۰/۰۴۷۳
۵۱	۵۱	۵۲	۴۰/۵	۲۸/۳	۰/۳۳۱۹	۰/۱۱۴
۵۲	۹	۵۳	۳/۶	۲/۷	۰/۱۷۴	۰/۰۸۸۶
۵۳	۵۳	۵۴	۴/۳۵	۳/۵	۰/۲۰۳	۰/۱۰۳۴
۵۴	۵۴	۵۵	۲۶/۴	۱۹	۰/۲۸۴۲	۰/۱۴۴۷
۵۵	۵۵	۵۶	۲۴	۱۷/۲	۰/۲۸۱۳	۰/۱۴۳۳
۵۶	۵۶	۵۷	۰	۰	۱/۵۹	۰/۵۳۳۷
۵۷	۵۷	۵۸	۰	۰	۰/۷۸۳۷	۰/۲۶۳
۵۸	۵۸	۵۹	۰	۰	۰/۳۰۴۲	۰/۱۰۰۶
۵۹	۵۹	۶۰	۷۰	۳۲	۰/۳۸۶۱	۰/۱۱۷۲
۶۰	۶۰	۶۱	۰	۰	۰/۵۰۵۷	۰/۲۵۸۵
۶۱	۶۱	۶۲	۷۰	۳۰	۰/۰۹۷۴	۰/۰۴۹۶
۶۲	۶۲	۶۳	۳۲	۲۳	۰/۱۴۵	۰/۰۷۳۸
۶۳	۶۳	۶۴	۲	۰	۰/۷۱۰۵	۰/۳۶۱۹
۶۴	۶۴	۶۵	۳۰	۱۰	۱/۰۴۱	۰/۵۳۰۲
۶۵	۱۱	۶۶	۱۹	۶	۰/۲۰۱۲	۰/۰۶۱۱
۶۶	۶۶	۶۷	۱۸	۱۳	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۱۴
۶۷	۱۲	۶۸	۴۰	۲۰	۰/۷۳۹۴	۰/۲۴۴۴
۶۸	۶۸	۶۹	۲۸	۲۰	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۱۶
۶۹	---	---	۲۸	۲۰	-----	-----

bus num	Send bus	Recive bus	P (Kw)	Q (KVAR)	R(Ω)	X(Ω)
۱	۱	۲	۰	۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۲
۲	۲	۳	۰	۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۲
۳	۳	۴	۰	۰	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۳۶
۴	۴	۵	۰	۰	۰/۰۲۵۱	۰/۰۲۹۴
۵	۵	۶	۰	۰	۰/۳۶۶	۰/۱۸۶۴
۶	۶	۷	۲/۶	۲/۲	۰/۳۸۱۱	۰/۱۹۴۱
۷	۷	۸	۴۰/۴	۳۰	۰/۰۹۲۲	۰/۰۴۷
۸	۸	۹	۱۷۵	۱۵۴	۰/۰۴۹۳	۰/۰۲۵۱
۹	۹	۱۰	۳۰	۲۲	۰/۸۱۹	۰/۲۷۰۷
۱۰	۱۰	۱۱	۲۸	۱۹	۰/۱۸۷۲	۰/۰۶۱۹
۱۱	۱۱	۱۲	۵۰	۲۰	۰/۷۱۱۴	۰/۲۳۵۱
۱۲	۱۲	۱۳	۷۰	۵۰	۱/۰۳	۰/۳۴
۱۳	۱۳	۱۴	۸	۵	۱/۰۴۴	۰/۳۴۵
۱۴	۱۴	۱۵	۸	۵/۵	۱/۰۵۸	۰/۳۴۹۶
۱۵	۱۵	۱۶	۰	۰	۰/۱۹۶۶	۰/۰۶۵
۱۶	۱۶	۱۷	۴۵/۵	۳۰	۰/۳۷۴۴	۰/۱۲۳۸
۱۷	۱۷	۱۸	۳۰	۱۵	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۱۶
۱۸	۱۸	۱۹	۶۰	۳۵	۰/۳۲۷۶	۰/۱۰۸۳
۱۹	۱۹	۲۰	۰	۰	۰/۲۱۰۶	۰/۰۶۹
۲۰	۲۰	۲۱	۱	۰/۶	۰/۳۴۱۶	۰/۱۱۲۹
۲۱	۲۱	۲۲	۱۱	۸/۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴۶
۲۲	۲۲	۲۳	۵	۳/۵	۰/۱۵۹۱	۰/۰۵۲۶
۲۳	۲۳	۲۴	۰	۰	۰/۳۶۶۳	۰/۱۱۴۵
۲۴	۲۴	۲۵	۲۸	۲۰	۰/۷۴۸۸	۰/۲۴۷۵
۲۵	۲۵	۲۶	۰	۰	۰/۳۰۸۹	۰/۱۰۲۱
۲۶	۲۶	۲۷	۱۰۰	۵۰	۰/۱۷۳۲	۰/۰۵۷۲
۲۷	۳	۲۸	۱۴	۱۰	۰/۰۰۴۴	۰/۰۱۰۸
۲۸	۲۸	۲۹	۱۶۰	۱۸/۶	۰/۰۶۴	۰/۱۵۶۵
۲۹	۲۹	۳۰	۲۶	۱۸/۶	۰/۳۹۷۸	۰/۱۳۱۵
۳۰	۳۰	۳۱	۲۰۰	۰	۰/۰۷۰۲	۰/۰۲۳۲
۳۱	۳۱	۳۲	۱۰	۵	۰/۳۵۱	۰/۱۱۶
۳۲	۳۲	۳۳	۱۰	۵	۰/۸۳۹	۰/۲۸۱۶
۳۳	۳۳	۳۴	۱۴	۱۰	۱/۷۰۸	۰/۵۶۴۶
۳۴	۳۴	۳۵	۶۰	۲۰	۱/۴۷۴	۰/۴۸۷۳

- [2] Hutson, C., Venayagamoorthy, G. K., Corzine, K. A., "Intelligent Scheduling of Hybrid and Electric Vehicle Storage Capacity in a Parking Lot for Profit Maximization in Grid Power Transactions", IEEE Energy2030, pp. 1-8, Atlanta, GA, 2008.
- [3] Kempton, W., Tomic, J., "Vehicle-to-grid Power Fundamentals: Calculating Capacity and Net Revenue", Journal of Power Sources,

مراجع

- [1] Prommee, W., Ongsakul, W., "Multi-Distributed Generation Placement by Adaptive Weight Particle Swarm Optimization", Control, Automation and Systems, ICCAS 2008, pp. 1663-1668, Seoul, 2008.

- flow method for weakly meshed distribution and transmission networks", *IEEE Trans. Power System*, Vol. 3, No. 2, pp. 753–762, May 1988.
- [16] Weiwei, C., Yafeng, W., Wenxia, L., "Optimal Allocation of Switches in DG Enhanced Distribution Systems", *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC-2011)*, pp. 1-5, Wuhan, March 2011.
- [17] Kennedy, J., Eberhart, R., "Particle Swarm Optimization", *Proc. IEEE Int. Conf. Neural Netw. (ICNN)*, Vol. 4, pp. 1942–1948, Perth, WA, Nov. 1995.
- [18] Rashedi, E., Nezamabadi-pour, H., Saryazdi, S., "GSA: A Gravitational Search Algorithm", *Information Sciences*, Vol. 179, pp. 2232–2248, 2009.
- [19] Moradijoz, M., Parsa Moghaddam, M., Haghifam, M. R., Alishahi, E., "A Multi-Objective Optimization Problem for Allocating Parking Lots in a Distribution Network", *Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 46, pp. 115–122, 2013.
- [20] Clemen, K., Haesen, E., Driesen, J., "The Impact of Charging Plug-in Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid", *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 25, pp. 371-380, January 2010.
- [21] Baran M. E., Wu F. F., "Optimal Sizing of Capacitors Placed on a Radial Distribution System", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 4, No. 1, pp. 735–43, 1989.
- [22] Esmaeilian, H. R., Hosseini Bioki, M. M., Rashidinejad, M., Abdollahi, A., "Economic-Driven Measure in Constructing a V2G Parking Lot from DisCo. Perspective", *IJEME*, Vol. 2, Issue 3, pp. 117-124, 2012.
- Vol. 144, pp. 268–279, 2005.
- [4] Hasanzadeh, A., "Optimum Design of Series Hybrid Electric Bus by Genetic Algorithm", *Proceedings of the IEEE International Symposium on*, Vol. 4, pp. 1465-1470, Dubrovnik, Croatia, 2005.
- [5] National Renewable Energy Laboratory (NREL), www.nrel.gov.
- [6] Letendre, S. E., Kemptom, W., "The V2G Concept: A New Model for Power?", *Public Utilities Fortnightly V2G From Wheels to Wires*, pp. 16-26, Feb. 2002.
- [7] Kadurek, P., Ioakimidis, C., Ferrao, P., "Electric Vehicles and their Impact to the Electric Grid in Isolated Systems", *Power Eng. Conf.*, pp. 49-54, Portugal, March 2009.
- [8] Sortomme, E., Hindi, H., James MacPherson, S. D., Venkata, S. S., "Coordinated Charging of Plug-In Hybrid Electric Vehicles to Minimize Distribution System Losses", *IEEE Trans. on Smart Grid*, Vol.2, No.1, pp. 198-205, March 2011.
- [9] Su, W., Chow, M-Y., "Intelligent Energy Scheduling at a Municipal PHEV/PEV Parking Deck via Multi-Objective Optimization", *IEEE Trans. Smart Grid*, special issue on computational intelligence applications in Smart Grids; 2011.
- [10] Su, W., Chow, M-Y., "Computational Intelligence-Based Energy Management for a Large-Scale PHEV/PEV Enabled Municipal Parking Deck", *Applied Energy*, Vol.96, No.1, pp. 171-182, August 2012.
- [11] Saber, A. Y., Venayagamoorthy, G. K., "Optimization of Vehicle-to-Grid Scheduling in Constrained Parking Lots", *IEEE PES General Meeting*, pp. 1-8, Calgary, AB, 2009.
- [12] Sortomme, E., El-Sharkawi, M. A., "Optimal Scheduling of Vehicle-to-Grid Energy and Ancillary Services", *IEEE Trans. on Smart Grid*, Vol.3, No.1, pp. 351-359, September 2011.
- [13] Moradijoz, M., Ghazanfarimeymand, A., Parsa Moghaddam, M., Haghifam, M. R., "Optimum Placement of Distributed Generation and Parking Lots for Loss Reduction in Distribution Networks", *Electrical Power Distribution Networks (EPDC)*, pp. 1-5, Tehran, Iran, 2012.
- [14] Shariatpanah, H., Sabourikenari, M., Mohammadian, M., Rashidinejad, M., "Optimal Placement and Determine Capacity of EVP to Improve VSM and Congestion", *2nd Iranian Conference on Smart Grid*, Tehran, Iran, May 2012.
- [15] Shirmohammadi, D., Hong, H. W., Semlyen, A., Luo, G.X., "A compensation based power