

## چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌روی خودروهای الکتریکی با منابع خورشیدی

فرزاد اله وردیان آقو<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کنترل، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

### چکیده

آلودگی‌های زیست‌محیطی و راه‌کارهای جایگزین در کاهش این مشکل به چالش جهانی تبدیل گردیده است. در این میان بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و تکنولوژی‌های زیست‌محیطی مانند خودروهای الکتریکی توجه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. اهمیت خودروهای الکتریکی (EV) به دلیل کاهش سوخت‌های فسیلی، کاهش آلودگی، کاهش آلودگی صوتی و... بسیار بوده است. اما بکارگیری خودروهای EV نیازمند پیاده‌سازی زیرساخت‌های مناسب می‌باشد که به عنوان چالش‌های جهان امروز مطرح می‌باشد. یکی از این چالش‌ها، کاهش تولید  $CO_x$  ها به حد صفر می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** خودروهای الکتریکی ((EV، محیط زیست، سیستم‌های خورشیدی، انرژی تجدیدپذیر.

## ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، به دلایل متعددی از جمله محدود بودن منابع سوخت فسیلی، اثرات روزافزون گرمایش جهانی، ماهیت سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و تأثیرات سیاسی وابستگی انرژی، بهبود روش‌های بهره‌وری مصرف انرژی الکتریکی مورد توجه فراوانی قرار گرفته است. در این میان پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای بدست آمده است که امروزه انرژی الکتریکی را به عنوان یکی از مهمترین بخش زندگی جوامع بشری نموده است [۱]. از سوی دیگر، جایگزینی سامانه‌های هوشمند بجای سامانه‌های موجود مانند خانه‌های هوشمند، مدارس هوشمند و وسایل نقلیه هوشمند مهمترین دستاورد بکاگیری این سامانه‌ها می‌باشند که در راستای کاهش وابستگی به منابع تجدیدناپذیر و جایگزینی آن با منابع تجدیدپذیر بوده است. این مسئله بر روی بهبود شرایط کنونی زیست‌محیطی تأثیر قابل توجهی به همراه داشته است [۲]. در این میان بکارگیری استراتژی‌های مبتنی بر اکوسیستم‌های پایدار و همچنین بهینه سبب کاهش هزینه‌ها، ذخیره‌سازی انرژی، کاهش مصارف خانگی، الکتریکی و گرمایی و... می‌گردد [۱]. در این میان یکی از مهمترین دستاوردهای الکتریکی که امروزه به عنوان یک اولویت زیست‌محیطی بکار گرفته می‌شود، خودروهای الکتریکی<sup>۱</sup> (EV) می‌باشد. خودروهای الکتریکی به عنوان جایگزین مناسب برای خودروهای سوخت فسیلی مطرح بوده است. بطور کلی خودروی برقی یا خودروی الکتریکی به خودرویی گفته می‌شود که از باتری‌های قابل شارژ به عنوان منبع انرژی، و از موتور الکتریکی به عنوان نیروی محرکه استفاده می‌کند. اولین خودروهای برقی کاربردی در دهه ۱۸۸۰ معرفی شدند و در اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ متداول بودند تا این که تولید این‌گونه خودروها با پیشرفت در موتورهای احتراق داخلی و به خصوص استارت الکتریکی خودرو و تولید انبوه خودروهای بنزینی ارزان، دچار افت شدید گردید [۳]. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ میلادی با وقوع بحران انرژی مجدداً خودروی برقی مورد توجه قرار گرفت ولی این علاقه‌مندی سبب تولید انبوه و ایجاد بازار رقابتی نشد. از سال ۲۰۰۸ میلادی با توجه به پیشرفت فناوری باتری‌ها، افزایش بیماری‌ها و مرگ‌های ناشی از آلودگی هوا، نگرانی‌ها در خصوص قیمت نفت و نیاز به کاهش گازهای گلخانه‌ای و... انقلابی اساسی در تولید خودروهای برقی صورت گرفته است. فروش اولین خودروهای تولید انبوه ساخته شده توسط خودروسازی‌های بزرگ با معرفی خودروی تمام برقی نیشان لیف و خودروی هیبریدی شارژ برقی شورلت ولت در اواخر دسامبر ۲۰۱۰ شروع شد. در دسامبر ۲۰۱۵ خودروهای برقی فروخته شده در سرتاسر جهان از مرز ۱ میلیون دستگاه عبور کرد، و در سپتامبر ۲۰۱۸ این عدد به ۴ میلیون دستگاه رسیده است [۴]. از مزایای خودروی برقی نسبت به خودروی احتراقی می‌توان به کاهش قابل ملاحظه آلودگی هوای محلی، کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش وابستگی به نفت اشاره کرد [۵]. تعداد زیادی از کشورها به منظور ترویج و گسترش بازار خودروهای EV از محرک‌ها و امتیازات دولتی برای خودروهای EV استفاده می‌کنند. نتایج تحقیقی که توسط رویترز در ژانویه سال ۲۰۱۹ بر روی ۲۹ خودروسازی بزرگ جهان انجام شده است نشان می‌دهد که خودروسازان قصد دارند در ۵ تا ۱۰ سال آینده میزان ۳۰۰ میلیارد دلار روی خودروهای EV سرمایه‌گذاری کنند که ۴۵٪ از این مبلغ فقط متعلق به کشور چین است [۴]. بطور کلی در مقایسه با خودروهای احتراق داخلی، خودروهای EV کم‌صداتر بوده و هیچ گونه آلودگی خروجی از اگزوز ندارند. این مسئله علاوه بر کاهش آلودگی صوتی، از آلاینده‌های CO<sub>x</sub> نیز کاسته و عاملی بر بهبود محیط-زیست می‌گردد. خودروهای EV را می‌توان در ایستگاه‌های شارژ متنوعی شارژ نمود، این ایستگاه‌های شارژ را می‌توان در مناطق عمومی و منازل مسکونی نصب کرد. خودروی تسلا مدل ۳ پرفروش‌ترین خودروی EV جهان از ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹ بوده و طبق تأیید سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا، حداکثر مسافت قابل طی با این خودرو با شارژ کامل ۵۰۰ کیلومتر می‌باشد. این مسئله نشان دهنده بهبود قابل توجه کیفیت زیست‌محیطی این دسته از خودروها می‌باشد. علیرغم گسترش سریع بازار جهانی خودروهای EV، تا انتهای سال ۲۰۱۸ سهم خودروهای EV، فقط ۱٪ از هر ۲۵۰ خودروی موجود در جاده‌ها بوده است که نیازمند توجه بیشتر بخصوص به زیرسازی و آماده‌سازی زیرساخت‌های مورد نیاز این خودروها می‌باشند

<sup>۱</sup>Electric vehicle

[۵]. به هر حال نقش خودروهای EV در بهبود شرایط محیطی بخصوص کاهش آلایندهای جوی بسیار مورد توجه بوده و توانسته جایگاه مناسبی در بین نهادهای زیست محیطی بدست آورد، در این مطالعه سعی گردیده برخی از چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌روی این خودروها بیان گردد.

## ۲. اهمیت بکارگیری خودروهای EV

خودروهای EV یکی از خودروهایی است که در بیشتر کشورهای پیشرفته دنیای مورد توجه قرار گرفته که نسبت به خودروهای بنزینی (که عاملی بر آلوده‌تر شدن جهان و افزایش آلاینده‌هایی که از طریق سوخت‌های فسیلی برای حمل و نقل می‌شوند)، توسط سیاست‌مداران، تولید کنندگان و مصرف کنندگان به عنوان حامی محیط زیست معرفی گردیده است. بطوری که این رویکرد صنعت خودروسازی به عنوان یک راه‌حل مناسب در زمینه بهبود شرایط آلودگی محیط بیان شده است. از سوی دیگر، در کشورهای پیشرفته طی مطالعات مشخص گردیده است که خودروهای EV به جای خودروهای احتراقی می‌توانند با هزینه مناسب‌تر، سرعت بالاتر و راحت‌تر تولید گردند که علاوه بر جنبه‌های زیست‌محیطی مسائل اقتصادی و مالی را نیز پوشش داده است [۶]. باتوجه به دستاوردهای محققین می‌توان مزیت‌های استفاده از خودروهای EV در محیط زیست را به شرح زیر بیان داشت [۵]:

- خودروهای EV وابستگی مکانی ندارند و بر اساس جغرافیای کشورهای مختلف رویکردهای مربوط به بهره‌برداری و شارژ خودروها قابل جایگزینی و بهسازی است.
- خودروهای EV عموماً توسط نیروهای محرک الکتریکی می‌باشند که یک منبع شناخته‌شده تجدیدپذیر است و عملاً سوخت‌های فسیلی در آنها وجود ندارد.
- باتوجه به عدم وجود سوخت‌های فسیلی هیچ‌گونه آلاینده‌گی جوی و  $CO_x$ ها در این خودروها وجود ندارد.
- امکان بکارگیری منابع موازی انرژی در تامین انرژی خودروها و شارژ مانند انرژی‌های خورشیدی، باید و آب.
- امکان بکارگیری فناوری‌های مختلف بسته به موقعیت و توانایی کشورهای مختلف برای دستیابی به سطوح مطلوب کاربردی خودروهای EV.

از سوی دیگر در واقع برخی عوامل در پیاده‌سازی استفاده از خودروهای EV وجود دارد که به عنوان ملزومات اجرایی مطرح گردیده است. این ملزومات به شرح زیر است [۵]:

- وجود زیرساخت‌های مناسب برای شهرها و بین‌شهرها جهت تردد خودروهای الکتریکی.
- تمایل رانندگان و مصرف‌کنندگان برای جایگزینی خودروهای الکتریکی بجای بنزینی.
- کاربردی بودن فناوری‌های موجود در خودروهای مدرن در کشورهای مختلف به منظور پیاده‌سازی زیرساخت‌های اولیه
- دسترسی کشورهای و تمایل دولت‌ها برای تامین منابع تولید برق و هزینه‌های مناسب جهت جایگزینی این منبع بجای منبع سوخت بنزینی.
- بسته به فناوری‌های کنونی کشورهای مختلف یک خودرو برقی ممکن است تمام الکتریک نباشد و درصد مشخصی از انرژی این خودروها به وسیله برق تأمین می‌شود.

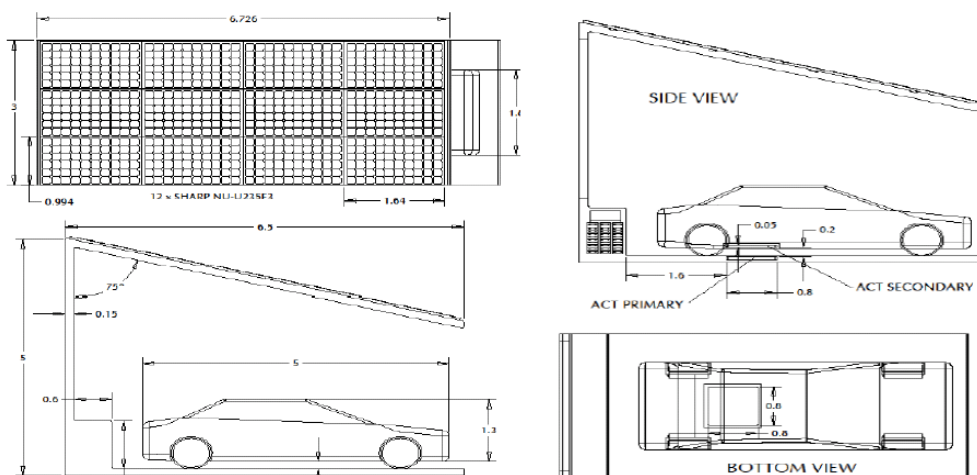
بنابراین می‌توان بیان داشت که مهمترین مسئله در حیطه جایگزینی خودروهای EV ایجاد زیرساخت‌های پایه می‌باشد که مستلزم همیاری دولت‌ها و کشورها است. از سوی دیگر، توجه زیست‌محیطی و اهمیت آن سبب گردیده تا نگرشی مثبت نسبت این خودروها ایجاد گردد. همچنین به‌صرفه بودن و تناسب هزینه و تقاضا سبب ایجاد برخی امتیازات مشهود نسبت به خودروهای سوخت فسیلی گردیده است.

### ۳. مدیریت زیست محیطی با خودروهای EV

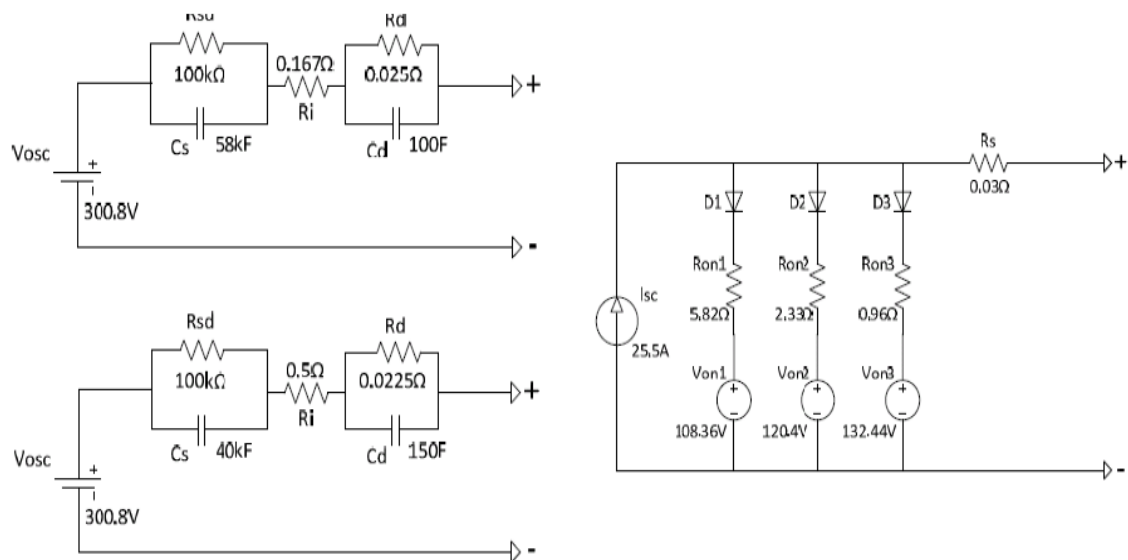
امروزه با افزایش مصرف انرژی و همچنین ملاحظات زیستمحیطی، زمان و میزان مصرف انرژی به چالش مهمی مبدل شده است. در محیط تجدید ساختاریافته، مدیریت سمت تعامل عرضه-تقاضا یکی از گزینه‌های اثرگذار بر سیاست‌های حوزه تصمیم‌گیری انرژی می‌باشد. پاسخ تقاضاهای مصرف‌کنندگان و کاربران را می‌توان ایجاد تغییر در مصرف توسط مشترکین از حالت طبیعی مصرف آن‌ها در پاسخ به تغییرات قیمت برق در طول زمان تعریف کرد. انجمن انرژی آمریکا، پاسخگویی تقاضا را تغییر در الگوی مصرف انرژی توسط مصرف‌کنندگان، در پاسخ به تغییر قیمت برق در طول زمان، یا برنامه‌های اقتصادی طرح شده برای تشویق به عدم مصرف در زمان افزایش قیمت و یا کاهش قابلیت اطمینان؛ معرفی کرده است [۷]. به‌طور کلی برنامه‌های پاسخگویی بار به دو دسته کلی برنامه‌های تشویقی محور و برنامه‌های تعرفه زمانی تقسیم می‌شوند که هرکدام از این دسته‌ها به زیرشاخه‌های گوناگونی قابل طبقه‌بندی‌اند [۸]. برنامه‌های پاسخگویی فوایدی را از جمله کاهش هزینه، کاهش آلودگی، بهبود قابلیت اطمینان، کاهش وابستگی به منابع فسیلی و افزایش درآمد ناشی از کاهش سرمایه‌گذاری بر روی زیرساخت‌های مربوط به خودروهای EV به‌همراه دارد. از سوی دیگر با توجه به محدودیت منابع فسیلی و آلاینده بودن این منابع، بخشی از تمرکز مطالعات سیستم‌های قدرت بر روی منابع جایگزین سوخت‌های فسیلی می‌باشد. یکی از این پیشنهادات موفق استفاده از خودروهای EV می‌باشد که تا حدودی این مشکلات را مرتفع می‌سازد. این خودروها با قابلیت اتصال به شبکه‌های هوشمند مدیریت ترافیک می‌توانند شبکه جامعی را بر نظم‌دهی ترافیک در شهرها و برون شهرها ایجاد نمود. به عبارت دیگر، اگر تعداد قابل توجهی از خودروهای برقی قابل اتصال به شبکه به صورت هماهنگ تحت مدیریت هوشمندانه یک نهاد مشترک به شبکه متصل شوند، با توجه به سخت‌افزارهایی که در این نوع شبکه‌های هوشمند امکان پیاده‌سازی دارد، می‌توان به عنوان نقاط اتصال، محل‌های شارژ و محدوده‌های سبز مشخص گردد که بصورت جامع در مدیریت ترافیک در شهرها و برون شهرها بکار گرفته شود. چنین مدیریتی علاوه بر مزایای بیان شده، بصورت مستقیم بر کاهش آلودگی‌های جوی، کاهش ترافیک، کاهش تردهای غیرضروری و همچنین بهبود روند جریان ترافیک در شریان‌ها و نقاط مختلف کارآمد باشد [۹].

### ۴. چالش‌های پیش‌روی خودروهای EV با منابع خورشیدی

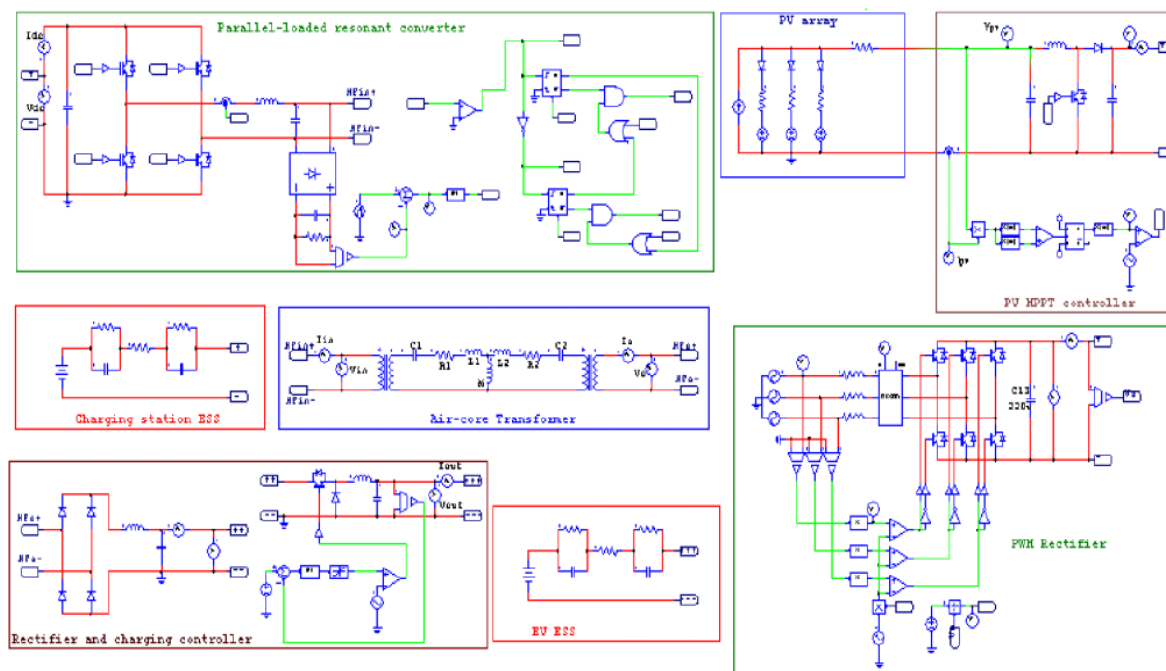
در این میان مهمترین مسئله در طراحی ایستگاه‌های شارژ می‌باشد که بسته به شرایط مختلف جغرافیایی و محیطی کشورهای گوناگون و رویکردهای مطرح شده توسط دولت‌ها به منظور تمهیدات اجرایی زیرساختی خودروهای EV می‌باشد. یکی از جدیدترین روش‌های پیشنهاد شده برای پیاده‌سازی ایستگاه‌های شارژ مبتنی بر انرژی خورشیدی می‌باشد که در کشورهای مختلف از جمله کشور ایران می‌تواند بسیار کارآمد باشد. در این ایستگاه‌ها مهمترین منبع برای تولید برق و الکتریسیته لازم برای خودروهای برقی، انرژی خورشید می‌باشد. اشکال (۱) تا (۳) شمایی از مدل طراحی ایستگاه‌های شارژ و روند شارژ خودروهای EV مبتنی بر انرژی خورشیدی را نشان داده است [۱۰].



شکل ۱ - شمایی از ایستگاه انرژی خورشیدی برای خودروهای EV [۱۰]



شکل ۲ - مدل معادل سازی سیستم ذخیره انرژی خورشیدی در خودروهای EV [۱۰]



شکل ۳- پیاده‌سازی سیستم ذخیره انرژی خورشیدی در خودروهای EV [۱۰]

برپایه مطالعات صورت گرفته توسط محققین بازده کاربردی و عملکردی اجرای این ایستگاه‌ها هزینه قابل قبولی داشته و نسبت به زیرساخت‌های دیگر بخصوص برای کشورهای استوایی که دارای مناطق آفتابی و مناسب می‌باشند بسیار مناسب‌تر می‌باشد. بنابه نتایج ارائه شده توسط [۱۰] مشخص گردیده است که بکارگیری این سیستم‌ها برای ذخیره انرژی با بازدهی برابر ۹۶/۱ و برای بازده شبکه هوشمند برابر ۹۹/۴٪ می‌باشد که نتایج موفقیت آمیزی بشمار می‌آید. همچنین این محققین با ارزیابی بازده ترنسفرماتورهای هسته هوایی (ACT) در بکارگیری ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی بیان داشتند که بازدهی برابر ۶۷/۷ تا ۷۰/۴٪ را نشان می‌دهد که این مسئله نیز بیانگر کاربردی بودن این رویکرد می‌باشد.

### ۵. نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به ارزیابی چالش‌ها و فرصت‌های پیش روی صنعت خودرویی الکتریکی (EV) پرداخته است. در این راستا با بیان مبانی اولیه خودروهای EV، مزایا و معایب این خودروها مورد بررسی قرار گرفته است. سپس مختصری از رویکردهای طراحی مدیریت سبز مبتنی بر محیط‌زیست توسط شبکه هوشمند خودروهای EV، توانایی این خودروها در تعامل با مسائل زیست‌محیطی بیان گردیده است. در نهایت مهمترین چالش موجود در زمینه این خودروها که مسئله ایستگاه‌ها و شارژ به موقع آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته که مشخص گردیده است، بازده عملکردی بکارگیری منابع خورشیدی و انرژی تابشی خورشید در طراحی سیستم‌های مناسب ذخیره‌سازی انرژی برای این خودروها بسیار کارآمد می‌باشد.

### مراجع و منابع

1. Han, S., and Sezaki, K. (2010). "Development of an Optimal Vehicle-to-Grid Aggregator for Frequency regulation", IEEE Transaction on Smart Grid, 1 (1), pp 65–72.
2. Chandra Mouli, G.R., Bauer, P. and Zeman M. (2016). "System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces", Applied Energy, 168, pp 434–443.
3. Singh, M., Thirugnanam, K., Kumar, P. and Kar, I. (2015). "Real-time coordination of electric vehicles to support the grid at the distribution substation level", IEEE Systems Journal, 9, pp 1000–1010.

۴. مبشری، س. و خواجهزاده، ع. (۱۳۹۳)، "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی منابع پاسخگوی بار و خودروهای برقی بر برنامه‌ریزی مشارکت تولید"، هفتمین کنفرانس ملی نیروگاه‌های برق کشور، دانشگاه آزاد واحد کرمان، کرمان، ۲۸-۲۹ بهمن، ۱-۶.
5. Tulpule, P.J., Marano, V., Yurkovich, S. and Rizzoni, G. (2013). "Economic and environmental impacts of a PV powered workplace parking garage charging station", *Applied Energy*, **108**, pp 323–332.
6. Nunes, P., Farias, T. and Brito, M.C. (2015). "Day charging electric vehicles with excess solar electricity for a sustainable energy system", *Energy*, **80**, pp 263–274.
7. Abdollahi, A., Parsa Moghadam, M., Rashidinejad, M. and Sheikh-El-Eslami, M.K. (2012). "Investigation of Economic and Environmental-Driven Demand Response measures Incorporating UC", *IEEE Transaction on Smart Grid*, **3** (1), pp 12–25.
8. Kempton, W. and Tomic, J. (2005). "Vehicle-to-Grid Power Implementation: From Stabilizing the Grid to Supporting Large-Scale Renewable Energy", *Journal of Power Sources*, **1** (144), pp 280–294.
9. Talebizadeh, E., Rashidinejad, M. and Abdollahi, A. (2014). "Evaluation of Plug-in Electric Vehicles Impact on Cost Based Unit Commitment", *Journal of Power Sources*, **248**, pp 545–552.
۱۰. بشیری، م. و آبنیکی، ح. (۱۳۹۳)، "شارژ خودروهای الکتریکی با استفاده از منابع خورشیدی"، بیست و نهمین کنفرانس بین‌المللی برق، سندیکای برق ایران، تهران، ۵-۷ آبان، ۱-۹.