تحلیلی بر فناوری‌ها و ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی و چالش‌های پیش رو

کد موضوعی: ۳۱۰
شماره مسلسل: ۱۵۹۱۹
تیرماه ۱۳۹۷

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۱
۱. معرفی فناوری شرکت‌های بزرگ تولیدکننده خودروهای برقی در جهان ۲
۱-۱. تسلا موتورز ۵
۱-۲. شرکت Nio ۷
۱-۳. بی وای دی (BYD) ۸
۱-۴. سامسونگ ۹
۱-۵. توشیبا ۹
۱-۶. مؤسسه فرانهوفر ۱۰
۱-۷. تویوتا ۱۰
۱-۸. شورولت ۱۰
۱-۹. اتوبوس برقی هیوندایی ۱۰
۲. بررسی انواع ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی ۱۱
۲-۱. سطح شارژ یک ۱۱
۲-۲. سطح شارژ دو ۱۲
۲-۳. سطح شارژ سه ۱۳
۲-۴. ایستگاه شارژ بی‌سیم مکانی ۱۳
۲-۵. شارژر بی‌سیم درحال حرکت به‌عنوان نمونه‌ای از ایستگاه شارژ بی‌سیم مکانی ۱۳
۲-۶. تعویض باتری ۱۴
۲-۷. مطالعه جایگاه‌های شارژ تسلا ۱۵
۳. باتری خودروهای برقی ۱۷
۳-۱. باتری‌های نیکل ـ کبالت ۱۹
۳-۲. مشکلات باتری‌های لیتیوم ـ یونی ۲۰
۳-۳. آینده بازار باتری‌های لیتیوم ـ یونی ۲۰
۴. بررسی استراتژی‌های تولید خودروهای برقی در ایران و جهان ۲۱
۴-۱. استراتژی‌های تولید خودرو برقی در دنیا ۲۲
۴-۲. استراتژی‌های تولید خودرو برقی در ایران ۲۲
۴-۳. قوانین مرتبط با وسایل نقلیه برقی ۲۴
۵. چالش‌های پیش رو ۲۵
۵-۱. چالش‌های پیش رو در دنیا ۲۶
۵-۲. چالش‌های پیش رو در ایران ۲۶
نتیجه‌گیری ۲۷
پیشنهادها ۲۹
منابع و مآخذ ۳۰

تحلیلی بر فناوری‌ها و ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی و چالش‌های پیش رو

چکیده

هدف از این مطالعه، معرفی و بررسی فناوری‌های روز درزمینه تولید خودروهای برقی، باتری و ایستگاه‌های شارژ در ایران و جهان و بیان چالش‌ها و ارائه راهبردهای عملی برای ورود کشور به این حوزه است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بسیاری از کشورهای اروپایی به‌همراه آمریکا و چین در پی آنند که استفاده از خودروهای برقی را در کشور خود نهادینه کنند. شرکت‌های خودروسازی زیادی نیز وارد عرصه تولید شده‌اند که موفق‌ترین آنها شرکت تسلا با مدل‌های X و S است که با یک بار شارژ قادر است مسافت ۴۸۰ کیلومتری را طی کند. ازجمله دیگر عوامل مؤثر در گسترش این فناوری می‌توان به تعداد ایستگاه‌های شارژ، زمان شارژ شدن باتری و میزان مسافتی که با هر بار شارژ قابل پیمایش است اشاره کرد. با توجه به اینکه در همه کشورها حمایت از فناوری برقی از سمت دولت‌ها امری رایج بوده است، لذا ضروری است در ایران نیز دولت در قالب حمایت‌های ویژه تحت یک برنامه مشخص و زمان‌بندی شده زمینه رقابت و حضور شرکت‌های خصوصی و به‌طور ویژه دانش‌بنیان را فراهم سازد.

مقدمه

امروزه شمار زیادی از کشورهای جهان به‌منظور مقابله با آلودگی هوا و کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای و حفظ بیشتر محیط زیست، بر روی ساخت خودروهای تمام‌برقی تمرکز کرده‌اند. افزایش روزافزون خودروهای برقی و محبوبیت استفاده بیشتر از این خودروهای پاک، موجب شده است شرکت‌های خودروسازی به رقابت پرداخته و هریک از برنامه‌های خود، برای طراحی و تولید خودروهایی بهتر و با توان پیمایش بیشتر رونمایی کنند. برخی از شرکت‌های خودروسازی موفق شده‌اند که محصولات خود را به تولید انبوه رسانده و به بازار وارد کنند. طبق آخرین آمار مؤسسه بلومبرگ[1] تعداد خودروهای تمام‌برقی تا سال ۲۰۴۰ به ۴۰۰ الی ۵۰۰ میلیون دستگاه افزایش خواهد یافت.

ایالت کالیفرنیا نمایی از آینده و به‌ویژه آینده صنعت خودرو را نشان می‌دهد. خودروهایی که در خیابان رفت‌وآمد دارند، تسلا، نیسان لیف، تویوتا پریوس یا مشابه آن هستند. خودروهای برقی یا

1. EV market trends and outlook, Bloomberg New Energy Finance, September 2017.

هیبریدی جای خود را در حمل‌ونقل در این ایالت باز کرده‌اند و بیشتر مراکز تجاری و فروشگاه‌ها و خانه‌ها دارای ایستگاه‌های شارژ این خودروها هستند. انگلستان تا سال ۲۰۴۰ تولید و فروش تمامی خودروهای بنزینی و دیزلی را در این کشور ممنوع اعلام خواهد کرد تا از طریق این روش با معضل آلودگی هوا مقابله کند. پس از انگلستان، کشورها و شهرهای دیگری همچون فرانسه، مادرید، مکزیکوسیتی و آتن نیز اعلام کرده‌اند که روند تولید و فروش خودروهای بنزینی و دیزلی را متوقف خواهند کرد. چین که خود یکی از سازندگان خودروهای برقی است، قصد دارد ساخت و تولید خودروهای بنزینی و دیزلی را ممنوع اعلام کند. اما مقامات این کشور زمان دقیقی را برای این موضوع مشخص نکرده‌اند. این کشور تصمیم دارد حداقل یک‌پنجم فروش خودرو در این کشور را تا سال ۲۰۲۵ به بازار این خودروها اختصاص دهد. هند دیگر کشوری است که قصد دارد تا سال ۲۰۳۰، خودروسازان کشورش را موظف کند تا تمامی خودروهای تولیدی در این کشور را برقی کنند؛ لذا ضرورت پرداختن به موضوع خودروهای برقی و فناوری‌های مورد نیاز آن به وضوح آشکار است.

در بخش اول این گزارش، مطالعه و بررسی فناوری‌های خودروهای برقی و شرکت‌های برتر مدنظر قرار گرفته است. در بخش دوم به معرفی و بررسی انواع ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی پرداخته شده است. در بخش سوم فناوری، مشکلات و آینده بازار باتری‌های مورد استفاده در خودروهای برقی، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. بخش چهارم شامل بررسی وضعیت تولید خودروهای برقی در ایران و جهان و همچنین استراتژی‌های ساخت این نوع خودروهاست. در بخش پنجم چالش‌های پیش‌رو در استفاده و ساخت خودروهای برقی در کشور و جهان مورد بررسی قرار گرفته و در انتها جمع‌بندی و پیشنهادهای مورد نظر ارائه شده است.

۱. معرفی فناوری شرکت‌های بزرگ تولیدکننده خودروهای برقی در جهان

روند افزایشی فروش نمونه‌های تجاری خودروهای برقی نشان از استقبال بازار از این فناوری به نسبت پاک است. در جدول ۱ مقایسه‌ای به‌لحاظ میزان پیمایش براساس محتوای انرژی باتری بین خودروهای برقی در مقیاس کوچک، متوسط و بزرگ که هم‌اکنون به‌صورت تجاری تولید و به فروش می‌رسند ارائه شده است.

جدول ۱. مروری بر خودروهای برقی تجاری شده تا سال ۲۰۱۶

ردیف	برند	مدل	سال ساخت	محتوای انرژی باتری (کیلووات ساعت)	پیمایش (کیلومتر)
۱	اسمارت (Smart)	Fortwo	۲۰۱۴	۱۷/۶	۱۶۰
۲	تویوتا (Toyota)	iQ EV	۲۰۱۲	۱۲	۸۵
۳	فیات (Fiat)	500e	۲۰۱۵	۲۴	۱۳۵
۴	سیتروئن (Citroën)	C-Zero	۲۰۱۴	۱۴/۵	۱۵۰
۵	پژو (Peugeot)	iOn	۲۰۱۴	۱۴/۵	۱۵۰
۶	میتسوبیشی (Mitsubishi)	i-MiEV	۲۰۱۴	۱۶	۱۶۰
۷	فولکس واگن (Volkswagen)	e-up!	۲۰۱۳	۱۸/۷	۱۶۰
۸	شورولت (Chevrolet)	Spark Ev	۲۰۱۵	۱۸/۴	۱۳۰
۹	بولور (Bolloré)	Bluecar	۲۰۱۵	۳۰	۲۵۰
۱۰	میتسوبیشی (Mitsubishi)	MinicabMiEV	۲۰۱۴	۱۶	۱۵۰
	میانگین			**۱۸/۲**	**۱۵۳**
۱۱	بی ام دبلیو (BMW)	i3	۲۰۱۴	۲۲	۱۹۰
۱۲	رنو (Renault)	Zoe	۲۰۱۵	۲۲	۲۴۰
۱۳	ولوو (Volvo)	C30 Electric	۲۰۱۵	۲۴	۱۴۵
۱۴	فولکس واگن (Volkswagen)	e-Golf	۲۰۱۶	۲۴/۲	۱۹۰
۱۵	نیسان (Nissan)	Leaf (2016)	۲۰۱۴	۳۰	۲۵۰
۱۶	هوندا (Honda)	FIT EV	۲۰۱۲	۲۰	۱۳۰
۱۷	رنو (Renault)	Fluence Z.E.	۲۰۱۵	۲۲	۱۸۵
۱۸	فورد (Ford)	Focus EV	۲۰۱۵	۲۳	۱۶۲
۱۹	کیا (Kia)	Soul Electric	۲۰۱۵	۲۷	۲۱۲
۲۰	مرسدس (Mercedes)	B-class El.Dr.	۲۰۱۵	۳۶	۲۳۰
۲۱	بی وای دی (BYD)	e6	۲۰۱۵	۶۱	۳۰۰
۲۲	نیسان (Nissan)	e-NV200	۲۰۱۵	۲۴	۱۷۰
۲۳	تویوتا (Toyota)	RAV 4 EV	۲۰۱۴	۴۲	۱۸۲
۲۴	تسلا (Tesla)	Model S	۲۰۱۵	۷۵	۴۸۰
۲۵	تسلا (Tesla)	Model X	۲۰۱۵	۹۰	۴۸۹
	میانگین			**۳۶**	**۲۳۱**

Source: Grunditz et al.

توضیح: خودروهای ردیف ۱ تا ۱۰ در بخش خودروهای برقی مقیاس کوچک، و خودروهای ردیف ۱۱ تا ۲۵ در بخش خودروهای برقی مقیاس متوسط و بزرگ قرار دارند.

جدول ۱ نشان می‌دهد، در بین خودروهای برقی مقیاس کوچک، Bluecar ساخت شرکت بولور با ظرفیت باتری ۳۰ کیلووات ساعت قادر است ۲۵۰ کیلومتر را بپیماید که اختلاف قابل توجهی با سایر

خودروهای هم‌خانواده خود دارد. در مقیاس خودروهای متوسط و بزرگ مدل‌های S و X تسلا همچنان پیشتاز این رقابت هستند. این دو مدل از خودروهای برقی ساخت شرکت تسلا قادراند با یک بار شارژ مسافتی در حدود ۴۸۰ کیلومتر را بپیمایند. شایان ذکر است که این مسافت به دمای هوای بیرون، سایز چرخ‌های ماشین، استفاده از کولر و برخی عوامل دیگر وابسته است و این میزان در واقعیت بسته به نوع استفاده از خودرو می‌تواند زیاد یا کم شود.

جدول ۲. مشخصات باتری در رایج‌ترین خودروهای برقی در جهان

مدل	مشخصات باتری	مدت زمان شارژ
Toyota Prius PHEV	انرژی ۴/۴ کیلووات ساعت، لیتیم ـ یون، مسافت رانندگی ۱۸ کیلومتر با استفاده از تمام قدرت الکتریکی باتری	۳ ساعت در ولتاژ ۱۱۵ و ۱۵ آمپر ۱/۵ ساعت در ولتاژ ۲۳۰ و ۱۵ آمپر
Chevy Volt PHEV	انرژی ۱۶ کیلووات ساعت، لیتیم ـ منگنز/NMC، مایع سرد، وزن ۱۸۱ کیلوگرم	۱۰ ساعت در ولتاژ ۱۱۵ و ۱۵ آمپر ۴ ساعت در ولتاژ ۲۳۰ و ۱۵ آمپر
Mitsubishi iMiEV	انرژی ۱۶ کیلووات ساعت، ۸۸ سلول، مولکول‌های ۴ سلولی، لیتیم ـ یون، ۱۰۹ وات ساعت/کیلوگرم، ولتاژ ۳۳۰	۱۳ ساعت در ولتاژ ۱۱۵ و ۱۵ آمپر ۷ ساعت در ولتاژ ۲۳۰ و ۱۵ آمپر
Smart Fortwo ED	انرژی ۱۶/۵ کیلووات ساعت، لیتیم ـ یون ۱۸۶۵۰	۸ ساعت در ولتاژ ۱۱۵ و ۱۵ آمپر ۳/۵ ساعت در ولتاژ ۲۳۰ و ۱۵ آمپر
BMW i3 Curb ۱۲۰۰ کیلوگرم (۲۶۴۵ پوند)	انرژی ۲۲ کیلووات ساعت (۱۸/۸ کیلووات ساعت قابل استفاده)، LMO/NMC، سلول‌های منشوری ۶۰ آمپر بزرگ، وزن ۲۰۴ کیلوگرم	تقریباً ۴ ساعت در ولتاژ ۲۳۰ و ۳۰ آمپر ۵۰ کیلووات سوپرشارژر، ۸۰ درصد در ۳۰ دقیقه
Nissan Leaf	انرژی ۳۰ کیلووات ساعت، لیتیم ـ منگنز، ۱۹۲ سلول، وزن ۲۷۲ کیلوگرم	۸ ساعت در ولتاژ ۲۳۰ و ۱۵ آمپر ۴ ساعت در ولتاژ ۲۳۰ و ۳۰ آمپر
Tesla S Curb ۲۱۰۰ کیلوگرم (۴۶۳۰ پوند)	انرژی ۷۰ و ۹۰ کیلووات ساعت، سلول‌های NCA ۱۸۶۵۰ ۳/۴ آمپر، مایع سرد، دسته ۹۰ کیلووات ساعت ۷۶۱۶ سلول دارد، وزن ۵۴۰ کیلوگرم	۹ ساعت با شارژر ۱۰ کیلووات ۱۲۰ کیلووات سوپرشارژر، ۸۰ درصد شارژ در ۳۰ دقیقه

جدول ۳. مقایسه مصرف انرژی و هزینه به‌ازای هر کیلومتر

مدل خودرو	وات‌ساعت/کیلومتر	هزینه انرژی/ کیلومتر (دلار)
BMW i3	۱۶۵	۰/۰۳۳
GM Spark	۱۷۵	۰/۰۳۵
Fiat 500e	۱۸۰	۰/۰۳۶
Honda Fit	۱۸۰	۰/۰۳۶
Nissan Leaf	۱۹۰	۰/۰۳۸
Mitsubishi MiEV	۱۹۰	۰/۰۳۸
Ford Focus	۲۰۰	۰/۰۴
Smart ED	۲۰۰	۰/۰۴
Mercedes B	۲۰۵	۰/۰۴
Tesla S 60	۲۲۰	۰/۰۴۴
Tesla S 85	۲۴۰	۰/۰۴۸

با توجه به جدول‌های ۲ و ۳، با مقایسه مشخصات باتری‌ها، خودروی Tesla S 85 و BMW i3 به‌ترتیب با ۲۴۰ و ۱۶۵ وات‌ساعت، بیشترین و کمترین میزان مصرف انرژی را به‌ازای پیمایش یک کیلومتر مسیر دارند. هرچند این امر یک مزیت برای خودروهای ساخت شرکت بی ام دبلیو به حساب می‌آید و هزینه انرژی آن پایین‌تر است، اما این نکته باید در نظر گرفته شود که فاکتورهای مؤثر دیگر نیز مانند مدت زمان شارژ، میزان پیمایش و امکاناتی که خودرو در اختیار راننده قرار می‌دهد نیز تأثیرگذار هستند.

امروزه شرکت‌های خودروسازی زیادی پای در عرصه تولید خودروهای برقی نهاده‌اند. برخی از این شرکت‌ها مانند شرکت تسلا موتورز[1] تنها برای تولید خودروهای برقی تأسیس شده‌اند و برخی دیگر از شرکت‌های معتبر خودروسازی هستند که اقدام به تولید خودروهای برقی کرده‌اند. در ادامه برخی از شرکت‌هایی که تولیدات خود را در این زمینه روانه بازار کرده‌اند مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۱. تسلا موتورز

شرکت آمریکایی تسلا موتورز (با نشان اختصاری TSLA) یک شرکت قدرتمند درزمینه ساخت خودروهای تمام‌برقی و باتری است که علاوه‌بر تأمین نیازهای خود، یکی از تأمین‌کنندگان باتری سایر خودروهای برقی نیز بوده و سهام آن در بورس نیویورک عرضه می‌شود. این شرکت با پیشی گرفتن از جنرال موتورز ارزشمندترین شرکت خودروسازی در آمریکا به‌شمار می‌رود. خودروهای ساخت شرکت تسلا از لحاظ جذابیت و امکانات همانند خودروهایی مانند لامبورگینی هستند، اما با قیمتی حدود ۳۵ هزار دلار در رده خودروهای با قیمت متوسط بازار قرار می‌گیرند. به همین دلیل خودروهای جذاب تسلا

1. Tesla Motors

یک رؤیای دست‌نیافتنی برای مردم عادی نیست.

- **فناوری باتری‌های تسلا**

تسلا تنها شرکت خودروسازی است که به‌جای استفاده از باتری‌های با فرمت سلول بزرگ، از باتری‌های سلولی لیتیم ـ یونی کوچک‌تر که فناوری به‌کار رفته در آن همانند باتری‌های به‌کار رفته در باتری لپ‌تاپ‌ها یا سایر دستگاه‌های کامپیوتری است بهره می‌برد. باتری‌های خودروهای تسلا ارزان‌تر و سبک‌تر از نمونه‌های فعلی باتری لیتیم ـ یونی هستند. در مدل رودستر، باتری‌ها در پشت صندلی‌ها قرار داشتند، اما در مدل S به‌منظور افزایش فضای داخل کابین خودرو، باتری‌ها در کف خودرو قرار گرفت و با استفاده از یک صفحه آلومینیمی ۶ میلیمتری خطر ضربه خوردن از زیر خودرو کاهش داده شد. دیگر ویژگی که باتری‌های خودروهای تسلا نسبت به سایر انواع خودروها دارا هستند، قابلیت تعویض آنهاست. این فناوری که شرکت تسلا در پی روباتیک کردن آن است به این شکل خواهد بود که خودرو در ایستگاه شارژ توقف کرده و در کمتر از چند دقیقه باتری خود را بدون هیچ هزینه‌ای تعویض می‌کند و به مسیر خود ادامه می‌دهد. در حال حاضر این سیستم برای مدل‌های S و X این شرکت قابلیت اجرایی دارد.[1]

- **تسلا رودستر**

اولین محصول این شرکت تسلا رودستر[2] نام داشت و اولین خودرویی بود که از فناوری باتری‌های لیتیم ـ یون استفاده کرد. این مدل قادر است ۳۲۰ کیلومتر را با هر بار شارژ طی کند. قیمت اولیه این خودرو ۱۱۰ هزار دلار بود، اما در آمریکا با حداقل قیمت ۱۲۸ هزار دلار شروع به فروش کرد. سرعت صفر تا ۱۰۰ مدل رودستر زیر ۴ ثانیه است و حداکثر سرعت آن به ۲۰۰ کیلومتر بر ساعت می‌رسد. ۲۴۰۰ دستگاه از این مدل توسط تسلا در ۳۱ کشور جهان فروخته شد.[3]

- **مدل S**

دومین محصول این شرکت یک سدان لوکس مدل S است که تولید آن از سال ۲۰۰۹ آغاز، اما در سال ۲۰۱۲ عرضه شد. اولین خودرو از این مدل، آگوست ۲۰۱۳ در اروپا و آوریل ۲۰۱۴ در چین تحویل شد. سه مدل جدید از خودرو مدل S در ژانویه سال ۲۰۱۵ معرفی شد، Model S 60D، 85D و P85D. حرف D انگلیسی به موتور دوگانه[4] اطلاق می‌شود. تسلا در سال ۲۰۱۵ مدل 70D را وارد بازار کرد که دارای امکانات سوپرشارژ بود. به صورتی که با هر بار شارژ (کمتر از ۳ دقیقه) این خودرو توانایی پیمایش ۳۸۶ کیلومتر را دارد. تسلا با به‌روزرسانی مدل S و نزدیک‌تر کردن این مدل به مدل X، ۴ پیکربندی 75 و 75D (با توان پیمایش ۵۴۰ کیلومتر) و همچنین 100D و P100D (با توان پیمایش ۵۰۶ کیلومتر)

1. www.tesla.com
2. Tesla Roadster
3. Popsci.com

٤. در این حالت یک موتور برای چرخ‌های جلو و یک موتور برای چرخ‌های عقب استفاده می‌شود.

را معرفی کرد. مدل 100D از سری S با سرعت ۱۰۴ کیلومتر بر ساعت و در دمای هوای محیطی ۲۰ درجه سانتیگراد، با اندازه چرخ‌های ۱۹ اینچی و بدون استفاده از کولر، با هر بار شارژ می‌تواند ۵۶۵ کیلومتر را طی کند.[1] مدل S در دسامبر ۲۰۱۷ با ۲۰۰ هزار فروش در رتبه دوم جهانی پس از Nissan Leaf (۳۰۰ هزار فروش) قرار گرفت.[2]

- **مدل X**

مدل X در سال ۲۰۱۵ با باتری‌ها و گزینه‌هایی مشابه مدل S توسط شرکت تسلا عرضه شد. مدل پایه این خودرو با باتری‌های ۶۰ کیلووات ساعت با قیمت ۷۴ هزار دلار ارائه گردید. برد این مدل ۳۶۰ کیلومتر، صفر تا ۱۰۰ این خودرو ۶ ثانیه و حداکثر سرعت آن ۲۱۰ کیلومتر بر ساعت بود. باتری این خودرو می‌توانست توسط نرم‌افزار تا ۷۵ کیلووات ساعت ارتقا یابد.[3] مدل‌های زیادی از این خودرو براساس توان باتری مانند 70D و 75D تولید شده است. مدل بالاتر با باتری‌های ۸۵ کیلووات ساعت با همان موتور برد ۴۷۴ کیلومتری را در اختیار قرار می‌دهند. مدل‌های دوموتوره این خودرو که امروزه توسط شرکت تسلا عرضه می‌شود، مدل‌های 90D، P90D و P100D هستند.[4]

- **مدل ۳**

مدل۳[5] در سال ۲۰۱۶ معرفی شد. مدل اولیه این شرکت که شتاب صفر تا ۱۰۰ آن ۶ ثانیه بود، قیمتی زیر ۳۵ هزار دلار دارد، در اواخر سال ۲۰۱۷ وارد فروش رسمی شد. تسلا در ارتباط با این خودرو طی یک روز به رکورد ۱۵۰ هزار تعداد پیش‌فروش رسید. در سال ۲۰۱۷ تعداد ۱۷۶۵ دستگاه از این مدل تحویل مشتریان شده است. این خودرو توانایی پیمایش ۴۹۸ کیلومتر در هر بار شارژ را داراست.

۲-۱. شرکت Nio

شرکت خودروسازی چینی Nio در سال ۲۰۱۴ به‌منظور تولید خودروهای برقی تأسیس شده است. این شرکت در سال ۲۰۱۷ خودروی جدیدی به نام ES8 معرفی کرده است که از آن به‌عنوان جدیدترین رقیب محصولات تسلا در چین یاد می‌شود. محصول جدید شرکت Nio، از لحاظ امکانات و فناوری شباهت زیادی به خودروی با مدل تسلا X دارد، اما با نصف قیمت به دنیا معرفی شده است. در جدول ۴ مقایسه بین این دو خودرو مشاهده می‌شود.

1. Tesla.com
2. HybridCars.com
3. TechCrunch.com
4. hybridCars.com
5. Model 3

جدول ۴. مقایسه دو خودروی ES8 و تسلا X

مدل	NIO ES8 Standard	Tesla Model X 75D
قیمت در چین (دلار)	۶۷,۷۲۰ دلار	۱۲۶,۳۷۰ دلار
ابعاد mm (L/W/H)	۵۰۲۲/۱۹۶۲/۱۷۵۶	۵۰۳۷/۲۰۷۰/۱۶۸۴
حداکثر سرعت (Km/h)	۲۰۰	۲۱۰
شتاب	۴/۴	۵/۲
زمان شارژ	سریع ۱:۰۶- آرام ۱۰ ساعت	سریع ۱:۰۰ تا۱:۲۰- آرام ۱۰ ساعت
مسافت پیمایشی با هر بار شارژ (Km)	۳۵۵	۴۱۷
ظرفیت باتری (KWh)	۷۰	۷۵

۳-۱. بی وای دی[1]

گروه خودروساز چینی بی وای دی در سال ۲۰۰۳ تأسیس شد. این شرکت در سال ۲۰۰۸ اولین خودروی هیبریدی خود را با نام BYD F3DM به بازار عرضه کرد و در سال ۲۰۱۴ خودروی هیبریدی BYD Qin که محصول سال ۲۰۱۳ این شرکت بود رتبه اول چین و رتبه هفتم جهان در فروش خودروی برقی را به‌خود اختصاص داد.[2] BYD E5 اولین خودروی تمام‌برقی تولید شرکت بی وای دی بود که در سال ۲۰۱۲ وارد بازار خودروهای برقی شد. این خودروی یک سدان چهار در بود که از باتری لیتیم ـ فسفات آهن[3] بهره می‌برد. محصول بعدی تمام‌برقی این شرکت BYD E6 نام دارد که عنوان بهترین خودروی برقی چین در سال ۲۰۱۶ را کسب کرد. این خودرو از باتری لیتیم ـ فسفات آهن با توان ۶۱ کیلووات ساعت بهره می‌برد که توان پیمایشی ۳۰۰ کیلومتر را با هر بار شارژ داراست. در صورتی که از باتری ۸۰ کیلووات ساعت استفاده شود، این خودرو می‌تواند مسافت بیش از ۴۰۰ کیلومتر را طی کند. باتری استفاده شده در BYD E6 قابلیت شارژ مجدد تا ۴۰۰۰ بار را دارد و در صورت استفاده از سیستم‌های شارژ سریع با توان بالا، در مدت ۱۵ دقیقه، ۸۰ درصد باتری شارژ خواهد شد.[4] بی وای دی در حال مطالعه بر روی باتری جدیدی برای خودروهای برقی است که چگالی انرژی موجود در منگنز آن را بالا برده و با کاهش قیمت خودروهای برقی این خودروها را مقرون به صرفه‌تر می‌کند. علاوه‌بر این پیش‌بینی می‌شود افزودن منگنز باعث می‌شود خودروهای برقی تا مسافت ۵۰۰ کیلومتر را با یک بار شارژ طی کنند. در سال ۲۰۱۲ شرکت آمریکایی انرژی داو[5] این فناوری را امتحان کرده و نتایج آن موفقیت‌آمیز بوده است و با افزودن منگنز به باتری‌های معمولی لیتیمی آهن فسفات چگالی انرژی ۱۵ درصد بیشتر شده و این فناوری در بهبود باتری‌ها تأثیرگذار بوده است. فناوری جدید باتری با توجه به عملکرد کنونی

1. BYD
2. chinaautoweb.com
3. LiFePO4
4. BYD.net
5. Dow

باتری لیتیمی آهن فسفات بی وای دی به‌ویژه روی اتوبوس‌های این شرکت اعمال می‌شود و قادر است مسافت ۱۲۰۰ کیلومتر را طی دو بار شارژ متناوب در یک شبانه‌روز طی کند. اما تاکنون این فناوری به‌صورت تولید انبوه بر روی خودروهای برقی مورد استفاده قرار نگرفته است. تاکنون تنها شرکت تسلا توانسته روی خودروی مدل S خود به چنین سطح از عملکرد برسد.

۱-۴. سامسونگ

بخش تولید باتری شرکت سامسونگ[1] باتری خودروهای شرکت‌های شناخته شده‌ای در صنعت خودروسازی جهان مانند آئودی و بی ام و را تأمین می‌کند. باتری‌های تولیدی این شرکت دارای ظرفیت‌های ۳۷، ۵۰، ۶۰ و ۹۰ آمپرساعت هستند. این شرکت جدیدترین فناوری باتری خود را با توان پیمایش بیش از ۶۰۰ کیلومتر در سال ۲۰۱۷ به دنیای خودروهای برقی معرفی کرده است.[2] باتری‌های جدید شرکت سامسونگ با فناوری استفاده از توپ‌های گرافن،[3] ۴۵ درصد ظرفیت بالاتری را نسبت به باتری‌های قبلی که توسط این شرکت تولید می‌شدند در اختیار قرار می‌دهند. ازاین‌رو با افزایش ظرفیت باتری‌ها، تعداد باتری‌هایی که برای تأمین انرژی مورد نیاز خودرو باید بر روی خودروی برقی سوار شوند کمتر شده و در نتیجه وزن خودرو کاهش یافته و فضایی که در اختیار سرنشین‌ها قرار می‌گیرد، افزایش خواهد یافت. قیمت این فناوری شرکت سامسونگ بسیار بالا بوده و قابلیت تجاری‌سازی آن با این قدرت پیمایش وجود ندارد. اما می‌توان با استفاده از ۱۰ تا ۱۲ مجموعه باتری که قدرت پیمایش ۳۰۰ کیلومتر در هر شارژ را در اختیار قرار می‌دهد، خودروهای برقی میان‌رده را تولید و به بازار عرضه کرد. تاکنون فناوری باتری‌های چندعملکردی[4] سامسونگ با خودروهای حقیقی و در جاده مورد آزمایش قرار نگرفته است.

۱-۵. توشیبا

شرکت ژاپنی توشیبا در سال ۲۰۱۷ به فناوری تولید نسل جدیدی از باتری‌های لیتیم ـ یونی برای خودروهای برقی دست یافته است. ظرفیت این باتری‌ها دوبرابر ظرفیت باتری‌های کنونی است. شرکت توشیبا در تولید باتری‌های نسل جدید خود از ماده‌ای جدید با نام «اکسید نوبیوم تیتانیم» استفاده می‌کند که در مقایسه با باتری‌های معمول موجود در بازار، از سرعت شارژ بسیار بالایی برخوردار است و خودروهای برقی که از این باتری‌ها استفاده کنند قادر خواهند بود تنها در عرض ۶ دقیقه شارژ فوق سریع، بیش از ۳۲۰ کیلومتر مسافت را طی کنند.

---

1. Samsungsdi
2. samsungsdi.com
3. Graphene Balls
4. Multi-Functional

باتری‌های چندعملکردی این توانایی را در اختیار استفاده‌کننده قرار می‌دهند تا با کاهش و افزایش تعداد سلول‌های باتری کارآیی آن را در حد مورد نیاز خود تنظیم کنند.

۱-۶. مؤسسه فرانهوفر

مؤسسه فرانهوفر به فناوری جدیدی در ساخت باتری دست یافته است که میزان پیمایش خودروهای برقی را تا ۱۰۰۰ کیلومتر افزایش دهد. مؤسسه فرانهوفر با کمک شرکت‌های تیسن کروپ[1] و IAV باتری‌های جدیدی با نام EM BATT تولید کرده‌اند که با کاهش میزان کابل‌های اتصال‌دهنده بین سلول‌های باتری، ۵۰ درصد فضای آزاد بیشتری را نسبت به حالت‌های معمول در اختیار سازندگان خودرو قرار می‌دهد که نتیجه آن افزایش ظرفیت باتری خودرو خواهد بود.[2] از ویژگی‌های دیگر این نوع باتری‌ها، عمر طولانی‌تر آنهاست.

۱-۷. تویوتا

از حدود یک دهه پیش تسلا و نیسان به استفاده از باتری‌های لیتیم ـ یونی روی آورده‌اند، اما شرکت تویوتا به دلایلی همچون هزینه، سایز و ایمنی باتری‌های لیتیم ـ یونی مانند آتش‌سوزی‌هایی که برای خودروهای برقی اتفاق افتاده است، بیشتر از باتری‌های نیکل ـ هیدرید فلز استفاده می‌کرد. این شرکت برای حل مشکل آتش‌سوزی در این باتری‌ها، سیستم کنترلی را ساخته است که می‌تواند کوچک‌ترین نشانه‌های اتصال کوتاه را در هر سلول تشخیص داده و از گسترش آن در سایر سلول‌ها جلوگیری کند و یا باتری را کاملاً خاموش کند. ازاین‌رو این شرکت بنا دارد با تمهیداتی که برای حفظ ایمنی در استفاده از این باتری‌ها اندیشیده است، از باتری‌های لیتیم ـ یونی در ساخت ماشین‌های جدید برقی خود استفاده کند.

۱-۸. شورولت

شورولت یکی از پیشگامان در تولید خودروی برقی است که محصول خود را با نام شورولت بولت در ایالات متحده آمریکا معرفی کرده است. این خودرو دارای باتری با ظرفیت ۶۰ کیلووات ساعت است و می‌تواند پس از هر بار شارژ مسافتی بالغ بر ۳۲۰ کیلومتر را طی کند. باتری این خودرو با ۳۰ دقیقه شارژ سریع می‌تواند مسافت ۱۴۵ کیلومتر را بپیماید.

۱-۹. اتوبوس برقی هیوندایی

خودروساز کره‌ای هیوندایی در سری جدید وسایل نقلیه تجاری خود اتوبوس تمام‌برقی به صنعت خودرو معرفی کرده است. این اتوبوس (Elec City) با یک بار شارژ مسافت ۲۹۰ کیلومتر را طی می‌کند. بی‌وای

---

1. Thyssen Krupp

۲. مهمترین عنصر در طراحی این سلول‌ها استفاده از یک صفحه دوقطبی است. هدف اصلی استفاده از این صفحه، جمع کردن الکترون‌ها در یک‌سو به‌عنوان آند و ازسوی دیگر به‌عنوان کاتد است که مشابه سیستم‌های پیل سوختی عمل می‌کند. در این تکنولوژی باتری‌هایی با صفحات مشترک تولید می‌شوند که با چینش به‌طور مستقیم، سلول‌ها روی یکدیگر قرار می‌گیرند و یک باتری یکپارچه بزرگ‌تر تولید می‌شود. در این صورت نیازی به اتصالات و کابل‌ها برای ارتباط بین سلول‌ها نیست.

دی چین و Protera آمریکا رهبران اتوبوس‌های برقی هستند، اما در حال حاضر تولید و طراحی باتری که بتواند با یک بار شارژ شدن مسافت بیشتری را طی کند، مسئله بسیار مهمی است. در حال حاضر اتوبوس‌های برقی ارزان‌تر از اتوبوس‌های دیزل و CNG هستند و می‌توانند در مدت ۱۰ سال بازار را در اختیار بگیرند.

درمجموع می‌توان گفت در بین تمامی شرکت‌های یاد شده و صاحب فناوری تولید باتری، شرکت تسلا همچنان با اختلاف قابل توجه نسبت به رقیبان پیشتاز تولید خودروهای برقی است. هرچند که شرکت‌هایی مانند سامسونگ و مؤسسه فرانهوفر ادعاهایی را درخصوص فناوری‌های جدید خود بیان کرده‌اند، اما باید گفت که تولید تجاری محصولات معرفی شده توسط این شرکت‌ها زمان‌بر بوده و ممکن است در برخی موارد توجیه اقتصادی نداشته باشد. بااین‌حال برخی شرکت‌ها همچون BYD و NIO در چین در حال تولید محصولاتی هستند که می‌توانند از لحاظ توانایی پیمایشی و برخی ویژگی‌ها مانند توانایی تعویض باتری در چند دقیقه با خودروهای تولید شده توسط تسلا قابل رقابت باشند. اما همچنان تسلا در رتبه اول تولید خودروهای برقی در جهان قرار دارد. پس از آن شرکت نیسان و رنو رتبه‌های بعدی را به‌خود اختصاص داده‌اند. موضوع حائز اهمیت دیگر این است که ارزان‌تر بودن اتوبوس‌های برقی از دیزل و CNG، با توجه به میزان آلایندگی اتوبوس‌های شهری به‌خصوص در کلانشهرها می‌تواند به‌عنوان راهکار عملیاتی و قابل سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شود.

۲. بررسی انواع ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی

ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی تجهیزاتی هستند که به‌وسیله آن وسایل نقلیه برقی به شبکه برق متصل شده و باتری‌های خود را به طریق سیستم‌های دوشاخه‌دار[1] یا بی‌سیم شارژ می‌کنند. با توجه به کاربردهای مختلف ایستگاه‌های شارژ انواع مختلفی از آنها ساخته شده است که در ادامه به نمونه‌هایی از آنها اشاره می‌شود.

۲-۱. سطح شارژ یک[2]

در این سطح شارژ، خودرو به‌ازای هر ساعت شارژ می‌تواند ۳ تا ۸ کیلومتر حرکت کند. توان مصرفی این نوع شارژ ۱/۴ تا ۱/۹ کیلووات است. ولتاژ معمول شارژ ۱۲۰ ولت و برای شارژ کردن کامل باتری ۱۶ کیلووات ساعت خالی حدود ۱۲ ساعت زمان لازم است. این نوع ایستگاه‌های شارژ مناسب برای حالت شارژ خانگی بوده و ساختمان آن نیز به‌صورت دیواری است. با ۵ ساعت شارژ شبانه وسیله نقلیه می‌تواند

1. Plug in
2. Level 1 charging

حداکثر مسافت ۴۰ کیلومتر را طی کند که این مسافت به‌طور معمول بیش از طول مسیر رفت‌وآمد روزانه افراد است. استفاده از این روش به‌ویژه در ساعات شب به‌دلیل کاهش بار مصرفی می‌تواند یک روش بهینه برای شارژ خودروهای برقی در کشور باشد. در ساعات شب بار عادی شبکه و نیز قیمت برق کم است.

۲-۲. سطح شارژ دو

در سطح دو شارژ، به‌ازای هر ساعت شارژ خودرو می‌تواند ۱۶ تا ۳۲ کیلومتر حرکت کند. توان مصرفی این نوع سطح شارژ ۶/۳ تا ۲/۷ کیلووات است. ولتاژ معمول شارژ ۲۰۸ تا ۲۴۰ ولت است و برای شارژ کردن کامل باتری ۱۶ کیلووات ساعت خالی حدود ۵ ساعت زمان لازم است. در این صورت با ۵ ساعت شارژ می‌تواند حداکثر مسافت ۱۶۰ کیلومتر را طی کند که این مقدار برای طی مسافت‌های معمول روزانه رفت‌وآمد چند روز کافی است. این نوع ایستگاه شارژ مناسب برای مکان‌های خصوصی و عمومی از قبیل فضای باز، فروشگاه‌های بزرگ، مکان‌های تجاری، پاساژهای بزرگ، پارکینگ‌های شخصی و عمومی، محل کار، منازل و مکان‌هایی است که امکان شارژ خودرو را فراهم می‌کنند.

شکل ۱. نمایی از ایستگاه شارژ دیواری ساخته شده در پژوهشگاه نیرو

۲-۳. سطح شارژ سه

در این سطح شارژ، به‌ازای ۲۰ دقیقه شارژ، خودرو ۱۰۰ تا ۱۳۰ کیلومتر می‌تواند حرکت کند. در این نوع شارژ باتری حداکثر تا ۸۰ درصد ظرفیت خود شارژ می‌شود. توان مصرفی این نوع سطح شارژ ۵۰ کیلووات است. ولتاژ شارژ نیز تا ۵۰۰ ولت جریان مستقیم می‌رسد و برای شارژ کردن باتری ۱۶ کیلووات ساعت خالی تا ظرفیت ۸۰ درصد (یعنی حدود ۱۲ کیلووات ساعت) حدود ۲۰ دقیقه زمان لازم است.

۲-۴. ایستگاه شارژ بی‌سیم مکانی

سیستم شارژ بی‌سیم نسل پیشرفته‌تری از ایستگاه‌های شارژ هستند. استفاده از ایستگاه‌های شارژ محدودیت زمان و مکان به‌وجود می‌آورد که این مشکلات در سیستم‌های شارژ بی‌سیم برطرف می‌شود. سیستم‌های بی‌سیم (شارژ القایی) یک عامل دگرگون‌کننده در دنیای خودروهای الکتریکی خواهد بود. خودروهای برقی به‌جای اتصال خودروها با سوکت‌های متداول شارژ الکتریکی، روی یک صفحه مخصوص پارک می‌کنند و از طریق القای مغناطیسی شارژ می‌شوند. (شکل ۲)

شکل ۲. ایستگاه شارژ بی‌سیم مکانی

۲-۵. شارژر بی‌سیم درحال حرکت به‌عنوان نمونه‌ای از ایستگاه شارژ بی‌سیم مکانی

دنیا به سمتی پیش می‌رود که در آن ایستگاه‌های شارژ کم و همچنین مدت زمان به نسبت زیاد برای شارژ مجدد باتری‌ها لازم است. خودروهای برقی با معایبی ازجمله مسافت قابل پیمایش محدود، ایستگاه‌های شارژ کم و همچنین مدت زمان به نسبت زیاد برای شارژ مجدد باتری‌ها مواجهند. یکی از راهکارهایی که به نوعی هر سه ایراد موجود را برطرف می‌کند، DEVC نام دارد و در صورت عملی شدن امکان پیمایش مسافت بی‌نهایت

را برای خودروهای الکتریکی فراهم خواهد کرد. این فناوری که مخفف عبارت شارژ الکتریکی دینامیک خودرو[1] است، با استفاده از فناوری شارژ بی‌سیم می‌تواند مدام خودروی در حال حرکت را تغذیه کند. سیستم فابریک، سیستمی برای شارژ خودروهای الکتریکی در حال حرکت است که با موفقیت توسط شرکت کوالکام آزمایش شده است. این شرکت از سال ۲۰۱۴ پروژه فابریک را آغاز کرده و اخیراً توانسته است اولین آزمایش موفقیت‌آمیز این پروژه ۹ میلیون دلاری را انجام دهد. مسیر و تجهیزات لازم برای انجام این آزمایش توسط شرکت VEDECOM ساخته شده است. در این فناوری خودرو در هنگام حرکت به‌صورت بی‌سیم و توسط صفحاتی که در زیر آسفالت کار گذاشته شده شارژ می‌شود. آزمایش در شهر ورسای فرانسه بر روی دو خودروی رنو مجهز به تجهیزات شارژ بی‌سیم در مسیر معین با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت انجام شده است. طی این آزمایش باتری خودرو تا ۲۰ کیلووات شارژ شده است. این سیستم می‌تواند مدل خودرو را شناسایی کرده و با توجه به مدل خودرو و سرعت آن باتری را شارژ کند. هرچند زیرساخت‌های ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی در بسیاری از کشورهای پیشرفته درحال گسترش هستند، اما هنوز مدت زمان لازم برای شارژ باتری این خودروها طولانی است و باعث نگرانی دارندگان خودروی برقی به‌حساب می‌آید. لذا فناوری حاضر با کامل نگهداشتن شارژ خودرو می‌تواند اطمینان رانندگان را تا حد زیادی جلب کند. سطح جاده کاملاً معمولی است، اما زیر آن به چهار قسمت از استاب‌های[2] ۲۵ متری تقسیم شده و هر استاب حاوی ۱۴ ردیف از بلوک‌های شبکه‌ای پایه است که به‌صورت مغناطیسی به کابل بک‌بون[3] متصل است. هرچند سرعت شارژ خودرو در این روش نسبت به شارژ مستقیم بسیار کمتر است، اما آینده روشنی برای این فناوری تصور می‌شود. این سیستم با شرایط فعلی و سرعت شارژ کنونی را می‌توان برای نگهداشتن باتری در حالت شارژ کامل باتری خودرو به‌کار برد. این پروژه در حال گذراندن آزمایش‌های امکان‌سنجی در راه استفاده از آن برای شارژ جاده‌ای وسایل حمل‌ونقل است.

۶-۲. تعویض باتری

یکی از روش‌های شارژ باتری خودروهای برقی که برای اولین بار توسط شرکت تسلا معرفی شد، ایجاد ایستگاه تعویض باتری[4] خودروهای برقی است. در این روش باتری خالی خودرو به‌سرعت با یک باتری پر تعویض می‌شود و راننده می‌تواند در کمتر از ۳ دقیقه خودروی خود را شارژ کرده و به مسیر ادامه دهد. اما استفاده از این روش برخی مشکلات را به‌همراه خواهد داشت. ازجمله اینکه باتری تمامی مدل‌های مختلف خودروهای برقی باید در یک ایستگاه موجود باشد که تقریباً غیرممکن به‌نظر می‌رسد. موضوع دیگر آن است که به‌دلیل تعویض باتری یک خودرو با باتری یک خودروی دیگر که قبلاً شارژ شده و در ایستگاه موجود است، مشکلات استفاده از گارانتی و... به‌وجود خواهد آمد. این سیستم را

1. Dynamic Electric Vehicle (Charging)
2. Stub
3. Backbone
4. Battery Swapping (or Switching) Station

شرکت تسلا در کالیفرنیای آمریکا امتحان کرده، اما استقبال چندانی از آن نشده است. البته خودروسازان دیگری مانند شرکت NIO نیز این قابلیت را برای خودروهای خود تعریف کرده‌اند، اما تاکنون بازخورد مثبتی از این نوع شارژ دیده نشده است.

۷-۲. مطالعه جایگاه‌های شارژ تسلا

یکی از مهمترین ویژگی‌های تسلا درزمینه جایگاه‌های شارژ خودرو، قابلیت آنها در تعویض باتری خودرو است. در این جایگاه‌ها باتری خودرو با باتری‌های شارژ شده در ایستگاه تعویض می‌شود و خودرو در زمان بسیار کمی آماده ادامه مسیر خواهد بود. علاوه‌بر آن شرکت تسلا ایستگاه‌هایی را نیز به‌منظور شارژ کردن خودرو در نظر گرفته است. برای شارژ از این طریق خودرو بین ۳۰ تا ۷۵ دقیقه باید منتظر شارژ باقی بماند که البته در مقایسه با زمان شارژ سایر خودروهای برقی به‌مراتب زمان کمی است. تسلا ایستگاه‌های سوپرشارژی ایجاد کرده که در کمتر از ۳ دقیقه خودروها شارژ می‌شوند. این نوع ایستگاه‌های شارژ برای مدل‌های S، X و مدل ۳ این شرکت قابل استفاده است. بسیاری از این ایستگاه‌ها منبع برق مورد نیاز خود را از پنل‌های خورشیدی به‌دست می‌آورند و به این ترتیب عملاً تولید انرژی هم به روش پاک صورت می‌گیرد.[1] این شرکت به‌منظور ترویج فرهنگ استفاده از خودروهای برقی جهت کاهش آلودگی و حفظ محیط زیست این اجازه را به استفاده‌کنندگان خودروهای سایر شرکت‌ها داده است تا از ایستگاه‌های شارژ شرکت تسلا استفاده کنند.

- **سیستم شارژ خانگی تسلا**

در جدول ۵ مقایسه زمان لازم برای شارژ خانگی، هزینه شارژ و میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی به‌منظور پیمودن مسافت ۱۰۰ کیلومتر روزانه توسط شارژر دیواری ۷۵ کیلووات ساعت ارائه شده است. همانگونه که از جدول زیر برمی‌آید می‌توان با کمتر از ۲ ساعت شارژ شبانه، روزانه ۱۰۰ کیلومتر مسافت را طی و ۵ دلار نیز در مصرف سوخت صرفه‌جویی کرد.

جدول ۵. سیستم شارژ خانگی تسلا

ردیف	عنوان	مدل X	مدل S
۱	مدت زمان شارژ (ساعت)	۲:۰۲	۱:۴۸
۲	هزینه شارژ (دلار)	۲/۸۲	۲/۴۹
۳	صرفه‌جویی بنزین (دلار)	۵/۱۵	۵/۴۸
با فرض هر کیلوات ساعت ۰/۱۲ دلار و بنزین ۲/۷۰ دلار به‌ازای هر گالن			

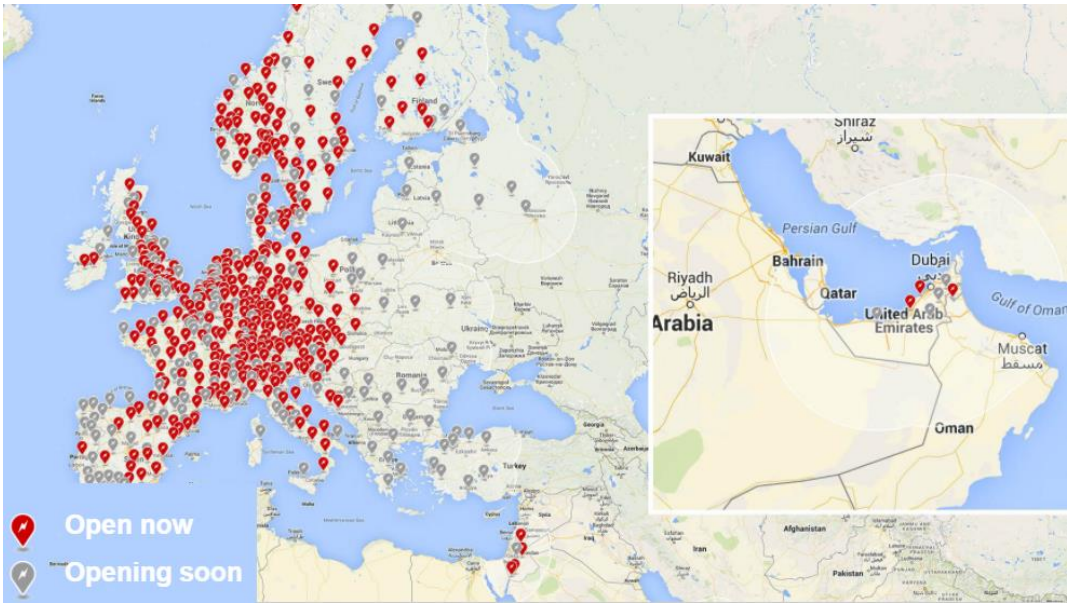
مأخذ: سایت شرکت تسلا موتورز.

1. www.tesla.com

- **ایستگاه‌های سوپرشارژ تسلا**

بیش از ۱۱۳۰ ایستگاه سوپرشارژ تسلا در سراسر جهان در دسترس است که ۸۵۰۰ شارژر را در اختیار کاربران قرار می‌دهند. در شکل ذیل تجمع ایستگاه‌ها در اروپا قابل مشاهده است و تنها دو ایستگاه سوپر شارژ در بخش خاورمیانه و در کشور امارات موجود است. همان‌گونه که از شکل ۳ برمی‌آید، برنامه‌ریزی شده است که به‌زودی چهار ایستگاه دیگر نیز در این کشور راه‌اندازی شود. افزایش جهانی ایستگاه‌های شارژ سریع، نیازمند احداث جایگاه‌های جدید است که این امر تقاضای بار را به شبکه برق تحمیل خواهد کرد.

شکل ۳. ایستگاه‌های سوپرشارژ تسلا[1]



هزینه شارژ خودروی تسلا مدل S در یک ایستگاه سوپرشارژ برای طی مسافت ۱۶۰ کیلومتر در حدود ۶ دلار است، درحالی‌که برای طی همین مسافت توسط سوخت بنزین ۱۳ دلار خواهد بود. این در حالی است که این هزینه برای مدل X برابر ۷ دلار خواهد بود (سایت تسلا). یکی از مشکلاتی که باعث استقبال کم در استفاده از خودروهای برقی شده است، نگرانی از خالی شدن شارژ باتری و کم بودن جایگاه‌های شارژ است. لذا باید تمهیدات لازم برای رفع این مشکل نیز اندیشیده شود. هم‌اکنون چندین خودروساز مطرح جهان همانند دایملر و فولکس واگن موظف به ساخت ایستگاه‌های شارژ شده‌اند.

به‌طورکلی می‌توان گفت شارژ خودروهای برقی یکی از مسائل اساسی در گسترش استفاده از خودروهای برقی است. سطح یک شارژ خودروها که با ولتاژ پایین و مدت زمان بالای ۸ ساعت و معمولاً به‌صورت خانگی انجام می‌شود، این مزیت را داراست که شارژ در ساعت خارج از اوج بار مصرف انجام

1. www.tesla.com

می‌شود و در این زمان نیز بهای برق مصرفی پایین‌تر است. سطوح دیگر برای کاربردهای شهری و بین‌جاده‌ای مناسب هستند، زیرا در این مواقع نیاز است که خودرو در حداقل زمان ممکن شارژ شود. فناوری‌های شارژ بی‌سیم که جدیداً معرفی شده‌اند، نوع جدیدی از سیستم‌های شارژ هستند که از طریق القای الکتریکی در مکان ثابت یا در حال حرکت، خودرو را شارژ می‌کنند. شرکت تسلا به‌عنوان بزرگ‌ترین سازنده خودروهای برقی در جهان نوعی از ایستگاه‌های شارژ موسوم به سوپرشارژ را معرفی کرده است که می‌توانند در کمتر از چند دقیقه باتری خودرو را کاملاً شارژ کنند. روش دیگری که برای اولین بار توسط شرکت تسلا معرفی شد، اما استقبال چندانی از آن به‌عمل نیامد، تعویض باتری خالی با باتری پر است. هم‌اکنون شرکت‌های سازنده خودرو نیز علاوه‌بر دولت‌ها در حال ساخت و تجهیز ایستگاه‌های شارژ هستند.

۳. باتری خودروهای برقی

فناوری‌های به‌کار رفته در خودروهای برقی، روزبه‌روز در حال پیشرفت هستند، به‌گونه‌ای که فاصله قیمتی و عملکردی این خودروها با خودروهای سوخت فسیلی در حال کاهش است. مهمترین بخشی که در ارتقای این نوع خودروها تأثیرگذار است، فناوری باتری آنهاست. میزان انرژی ذخیره شده در باتری، مدت زمان نگهداری شارژ و مسافت قابل پیمایش با هر بار شارژ شدن باتری، فاکتورهای اصلی در ساخت باتری‌های خودروهای برقی هستند. فاکتور مهم دیگری که در تجاری‌سازی این خودروها بسیار مؤثر است، کوتاه بودن زمان شارژ باتری‌هاست. زیرا زمان مورد نیاز برای شارژ باتری خودروهای برقی در مقایسه با زمان لازم برای سوخت‌گیری خودروهای دارای موتورهای احتراقی درون‌سوز که از سوخت بنزین و گازوئیل استفاده می‌کنند، بیشتر است. لذا دستیابی به یک مدت زمان شارژ کمتر در توسعه این نوع خودروها تأثیر بسزایی دارد.

متداول‌ترین باتری‌هایی که امروزه برای ساخت خودروهای برقی مورد استفاده قرار می‌گیرند باتری‌های لیتیم ـ یون، به‌دلیل دانسیته انرژی و توان بالا هستند. همین‌طور طول عمر این باتری‌ها نسبت به سایر انواع باتری‌ها بسیار بالاتر است. ۲۰ سال قبل گرافیت بهترین ماده شناخته شده برای استفاده به‌عنوان بخش آند در باتری‌ها بود. پس از آن ترکیبی از لیتیم ($Li_4Ti_5O_{12}$) به‌عنوان ماده‌ای که می‌تواند به‌عنوان آند در ساخت باتری‌ها مورد استفاده قرار گیرد، به بازار معرفی شد. طول عمر بالای این ماده جذابیت آن را برای استفاده به‌صورت تجاری بسیار بالا برده است. در جدول ۶ مقایسه‌ای بین این دو انجام می‌گیرد.

جدول ۶. مقایسه مواد قابل استفاده برای بخش آند باتری

ماده آند	دانسیته انرژی (mAh/g)	قیمت	طول عمر
گرافیت	۳۷۲	متوسط	متوسط
$Li_4Ti_5O_{12}$	۱۷۵	بالا	بالا

Source: Berckmans

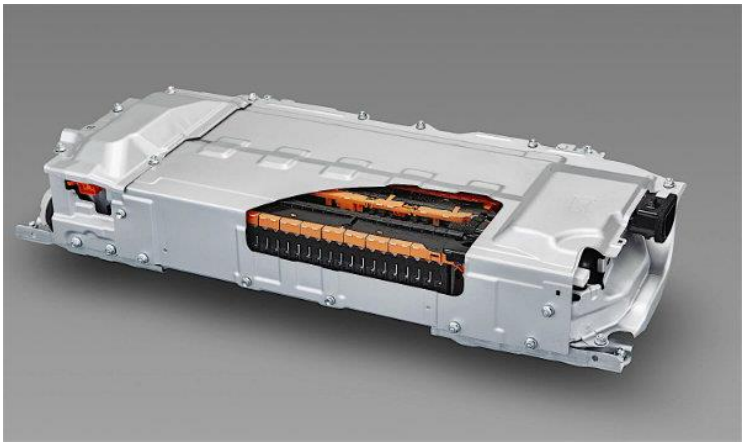
انتخاب ماده مناسب برای کاتد به نوع استفاده آن بستگی دارد و اینکه کدام ویژگی برای کاربرد مورد نظر مناسب است. خواص کلیدی برای باتری عبارتند از: طول عمر، دانسیته انرژی، دانسیته توان و قیمت. در جدول ۷ متداول‌ترین موادی که به‌عنوان کاتد استفاده می‌شوند ارائه شده است.

جدول ۷. مقایسه مواد قابل استفاده برای بخش کاتد باتری

ماده کاتد	دانسیته انرژی (mAh/g)	قیمت	طول عمر
$LiCoO_2$ (LCO)	۵۴۶	متوسط	متوسط
$LiMn_2O_4$ (LMO)	۴۹۲-۴۱۰	پایین	پایین
$LiNiMnCoO_2$ (NMC)	۶۵۰-۶۱۰	بالا	بالا
$LiFePO_4$ (LFP)	۵۸۷-۵۱۸	متوسط	بالا
$LiNiCoAlO_2$ (NCA)	۷۶۰-۶۸۰	بالا	متوسط

قدیمی‌ترین کاتد که به‌صورت تجاری به‌دلیل قیمت پایین آن مورد استفاده قرار می‌گیرد $LiMn_2O_4$ (LMO) است. نیاز روزافزون به طول عمر بالا و همین‌طور موادی با دانسیته انرژی بالا در ساخت باتری‌های قابل شارژ احساس می‌شود. ازاین‌رو نیاز به بهبود در باتری‌های لیتیم یون روزبه‌روز در حال افزایش است.

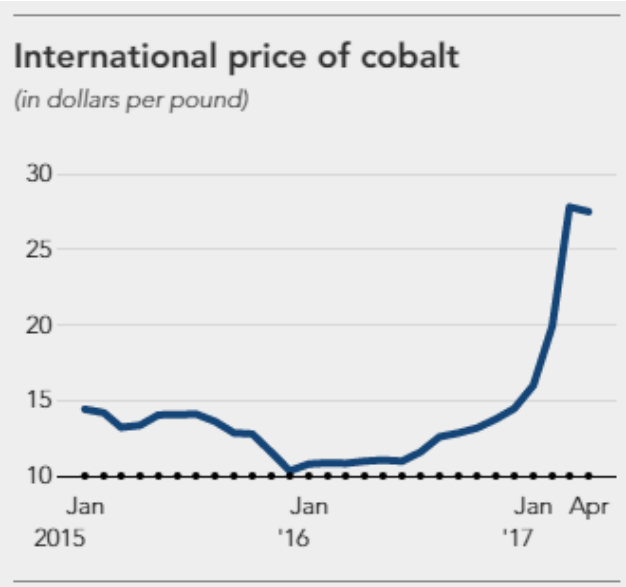
شکل ۴. طرح‌واره باتری‌های لیتیم ـ یونی در ساخت خودروهای برقی



۱-۳. باتری‌های نیکل ـ کبالت

برای ساخت باتری‌های لیتیم - یونی موجود در فناوری باتری‌های خودروهای برقی از کبالت استفاده می‌شود که مقدار زیادی از این ماده در کشور آفریقایی کنگو تولید می‌شود. تمامی کبالت استخراجی در کنگو به یک شرکت چینی داده می‌شود و این شرکت چینی پس از پالایش این مواد در چین، آن را به سازندگان بزرگ باتری در جهان می‌فروشد. درگیری‌های سیاسی و نظامی اخیر در کشور کنگو به‌عنوان تأمین‌کننده نیمی از کبالت دنیا، در کنار افزایش روزافزون تقاضا برای باتری‌های لیتیمی بزرگ جهت خودروهای برقی سبب شده تا قیمت این ماده به‌شدت افزایش یافته و قیمت آن چند برابر شود. در حال حاضر یک تن کبالت در حدود ۶۰ هزار دلار قیمت دارد.

شکل ۵. تغییرات قیمت جهانی کبالت از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷



Source: Nikkei

منابع کبالت همانند سایر انرژی‌های تجدیدناپذیر رو به پایان است و باید به دنبال فناوری‌های بهبودیافته‌تر و جایگزین بود. ازاین‌رو با توجه به افزایش محدودیت منابع کبالت و مصرف زیاد این عنصر در باتری لیتیمی، بهترین راهکار در حال حاضر برای کاهش مصرف کبالت در باتری‌های خودروهای برقی و نیز افزایش بازده انرژی برای پیمایش مسافت بیشتر توسط این خودروها، استفاده از ترکیب جدید نیکل ـ کبالت در ساخت باتری است که این نوع باتری‌ها قیمت ارزان‌تری خواهند داشت. در حال حاضر کاتد مورد استفاده در این باتری‌ها شامل ۶۰ درصد نیکل، ۲۰ درصد کبالت و ۲۰ درصد منگنز است. اما در طراحی جدید باتری‌ها، کاتدها از آلیاژی با ترکیب ۸۰ درصد نیکل، ۱۰ درصد کبالت و ۱۰ درصد منگنز ساخته می‌شوند. برای تولید باتری‌های نسل جدید نیکل ـ کبالت به‌جای استفاده از ۲۰ درصد کبالت در فناوری

لیتیم، تنها ۱۰ درصد از این عنصر لازم است. پیش‌بینی می‌شود با سرمایه‌گذاری بیشتر این رقم تا پنج درصد نیز قابل کاهش است. در شرایط فعلی هزینه تأمین کبالت برای ساخت یک باتری خودروی برقی با دامنه پیمایش ۴۰۰ کیلومتر معادل ۵۰۰۰ دلار است که این رقم با توجه به محدودیت منابع کبالت هرگز اقتصادی نیست. همچنین هزینه تأمین هر کیلووات انرژی از باتری لیتیم معادل ۲۰۰ دلار است که در صورت استفاده از نیکل در فرآیند ساخت این هزینه به ۹۰ دلار در هر کیلووات کاهش می‌یابد.

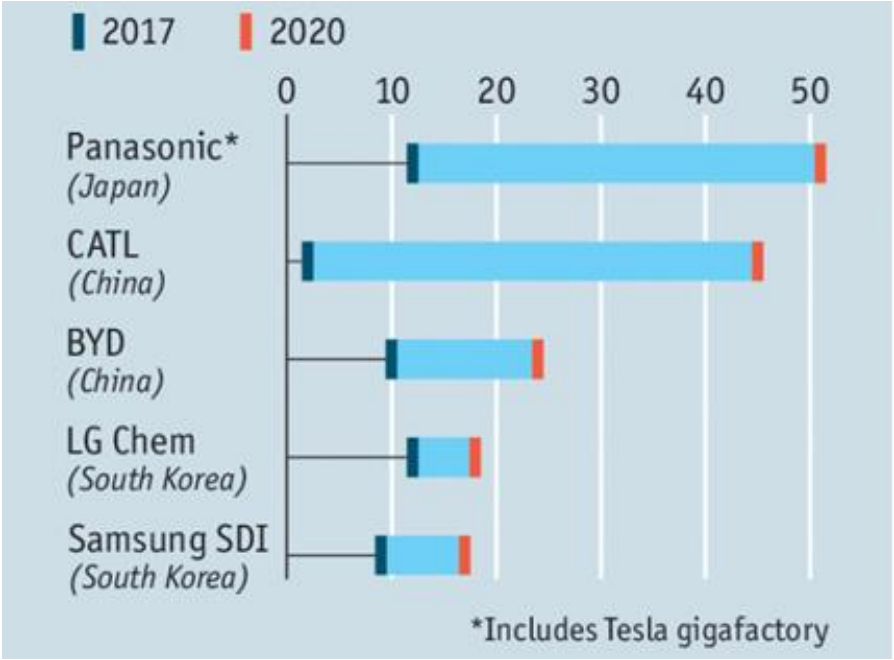
۲-۳. مشکلات باتری‌های لیتیم ـ یونی

اکثر باتری‌های لیتیم ـ یونی به‌کار گرفته شده در وسایل نقلیه از ترکیب شیمیایی نیکل، کبالت و منگنز استفاده می‌کنند. اگرچه این ترکیب باعث ذخیره انرژی بیشتر، مدت زمان شارژ کوتاه‌تر و امنیت بیشتر می‌شود، اما اگر این باتری‌ها به‌درستی طراحی، تولید و کنترل نشوند می‌توانند بیش از حد گرم شده و باعث آتش‌سوزی شوند.

۳-۳. آینده بازار باتری‌های لیتیم ـ یونی

درواقع مهمترین مانع بر سر راه فراگیری خودروهای برقی در مقایسه با موتورهای احتراقی درون‌سوز، میزان ظرفیتی است که از طریق شارژ باتری‌های لیتیم - یونی به‌دست می‌آید.

شکل ۶. پیش‌بینی پنج سازنده اصلی باتری‌های لیتیمی ـ یونی از آینده بازار این محصول



Source: Cairn ERA

شرکت‌های ال.جی، سامسونگ اس.دی.آی، پاناسونیک، بی وای دی و کاتل به‌ترتیب تقاضای باتری‌های لیتیم ـ یونی را برای خود در افق ۲۰۲۰ به‌ترتیب ۱۸، ۵۰، ۱۷، ۲۵ و ۴۵ گیگاوات ساعت محاسبه کرده‌اند که در صورت تحقق، نسبت به سال ۲۰۱۶ به‌شدت رشد خواهد داشت. خبری که این پیش‌بینی را به واقعیت نزدیک می‌کند سرمایه‌گذاری تسلا در گیگا فکتوری نوادای خود است که به گفته منابع نزدیک به تسلا، این شرکت همراه با پاناسونیک بیش از ۵ میلیارد دلار در این پروژه سرمایه‌گذاری خواهد کرد. در حال حاضر تولید این مجموعه تنها ۴ گیگاوات ساعت است، اما تا انتهای سال ۲۰۱۸ به بیش از ۳۵ گیگاوات ساعت رسیده و تسلا را به حاکم مطلق بازار خودروهای برقی تبدیل می‌کند.

تقاضای جهانی برای باتری‌های لیتیم ـ یون برای خودروهای برقی از مجموع ۲۱ گیگاوات ساعت در سال ۲۰۱۶ به ۱,۳۰۰ گیگاوات ساعت در سال ۲۰۲۰ خواهد رسید. مصرف برق توسط این خودروها نیز از ۶ تراوات ساعت در سال ۲۰۱۶ به ۱,۸۰۰ در سال ۲۰۴۰ خواهد رسید که این مقدار تنها ۵ درصد از مصرف برق جهان را در سال ۲۰۴۰ تشکیل خواهد داد. همچنین پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۴۰، ۳۴ درصد از خودروهایی که در جاده‌ها و خیابان‌ها رفت‌وآمد خواهند کرد خودرو برقی هستند. این خودروها باعث کاهش مصرف ۸ میلیون بشکه در روز سوخت فسیلی خواهد شد که برابر تولید نفت عربستان است و توسط خودروهای احتراقی درون‌سوز در جهان برای حمل‌ونقل مورد استفاده قرار می‌گیرد.[1]

بی پی[2] برای سال ۲۰۳۵ تعداد خودروهای برقی را ۲۰۰ میلیون دستگاه برآورد کرده است که با این میزان خودروی برقی، ۲/۸ درصد از میزان تقاضا برای نفت در جهان کاسته خواهد شد. همچنین این نشریه کاهش قیمت باتری‌های خودروهای برقی را پیش‌بینی کرده است که این مهم در گسترش استفاده از خودروهای برقی به‌جای خودروهای درون‌سوز متداول که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند، تأثیر فراوانی خواهد داشت. به‌ازای هر ۱۰۰ میلیون خودروی برقی که تولید می‌شود، ۱/۲ میلیون بشکه در روز کاهش رشد تقاضا برای سوخت مایع را شاهد خواهیم بود.

۴. بررسی استراتژی‌های تولید خودروهای برقی در ایران و جهان

پروژه‌هایی در کشور در شرکت توسعه منابع انرژی توان وابسته به وزارت دفاع در راستای ساخت باتری‌های لیتیم ـ یونی انجام گرفته و نمونه‌هایی نیز جهت استفاده در وسایل نقلیه برقی ساخته شده است. این باتری‌ها ۴۸ ولت و ۴۰ آمپرساعت هستند. با وجود این قیمت تمام شده این باتری‌ها برای تولید انبوه مناسب نیست. طبق بررسی‌های انجام گرفته،[3] قیمت تمام شده دو خودرو رانا و تیبا توسط شرکت‌های ایران‌خودرو و سایپا در صورت برقی‌سازی، حدود ۳ برابر قیمت نوع بنزینی آنها خواهد بود. لذا با شرایط

1. Bloomberg new energy finance
2. British Petroleum (BP)
۳. سعید شجاعی، مرکز پژوهش‌های مجلس، بررسی تولید خودروی برقی در ایران، ۱۳۹۵.

حاضر عملاً فروش این نوع خودروها در کشور به‌دلیل قیمت غیررقابتی با نوع بنزینی آنها دور از واقعیت است. البته کارشناسان معتقدند که تولید انبوه و استفاده از یارانه دولتی، قیمت آن را قابل رقابت خواهد کرد. اما آنچه واضح است به‌منظور ایجاد یک بازار رقابت‌پذیر باید مشخصات فنی خودرو و قیمت آن در حدی باشد که بتوان مصرف‌کنندگان را برای خرید این نوع خودرو مجاب کرد. چندین نوع خودرو برقی در مقیاس پایلوت نیز در کشور تولید شده است که مسیر طولانی را برای داشتن توجیه اقتصادی و تولید انبوه، البته با کارآیی بالاتر دارند. در جدول ۸ به چند مورد از آنها اشاره می‌شود.

جدول ۸. خودروهای برقی تولید داخل

عنوان	سازنده	ویژگی‌ها
ایران دو نیرو	-	توان موتور ۴/۸ کیلووات حداکثر پیمایش ۷۰ کیلومتر (قابلیت ارتقا تا ۱۱۰ کیلومتر)
قاصدک نصیر	دانشگاه خواجه نصیر	سرعت: ۸۰ کیلومتر در ساعت مدت زمان برای شارژ کامل باتری: ۸ تا ۱۰ ساعت پیمایش ۶۰ تا ۸۰ کیلومتر
یوز	دانشگاه آزاد اسلامی قزوین	قابلیت طی ۲۰۰ کیلومتر مسافت با سه ساعت شارژ سرعت ۸۰ کیلومتر

۴-۱. استراتژی‌های تولید خودروی برقی در دنیا

تولید خودروهای برقی در دنیا براساس دو استراتژی در حال انجام است. برخی از شرکت‌ها به تولید خودرو با طراحی از ابتدا اقدام کرده‌اند (مانند شرکت تسلا). در این استراتژی یک خودرو از صفر به‌صورت یک خودروی تمام‌برقی طراحی می‌شود؛ تمامی بخش‌های آن ازجمله موتور، بخش‌های الکترونیکی، باتری و بخش‌های هوشمند، یک طراحی نوین بوده و از هیچ خودروی دیگری الگوبرداری نمی‌شود. استراتژی دوم استفاده از پلت‌فرم خودروهای بنزینی است. در این حالت موتور و بخش‌های الکترونیکی جایگزین موتور و سایر بخش‌های قبلی می‌شود. (مانند شرکت BMW)

۴-۲. استراتژی‌های تولید خودرو برقی در ایران

در ایران برای تولید خودروهای برقی می‌توان از سه استراتژی بهره برد:

۱. تولید خودروی برقی با پلتفرم‌های کنونی: بررسی تجربه تولید خودروهای برقی در جهان نشان می‌دهد که بسیاری از تولیدکنندگان بزرگ دنیا ازجمله شرکت‌های فورد و جنرال موتورز در تولید خودروهای برقی خود از پلتفرم‌های بنزینی بهره برده‌اند. بی‌ام‌و نیز تجربه تولید خودروی برقی را روی پلتفرم بنزینی دارد، اما مرسدس بنز همه تولیدات برقی خود را روی پلتفرم برقی‌اش تولید می‌کند. ازاین‌رو

یکی از استراتژی‌ها استفاده از پلتفرم بنزینی خودروهای تولید داخل برای تولید خودروهای برقی است.

۲. اتکا به توان داخلی: دومین استراتژی طراحی پلتفرم به‌صورت کامل در داخل و با تیراژ اقتصادی بالا است. در این دیدگاه خودروسازان کشور مانند: ایران خودرو و سایپا در بخش تحقیقات و توسعه خود به طراحی یک خودروی برقی از ابتدا تا انتها می‌پردازند. در این رویکرد خودروسازان داخلی باید به فناوری تولید باتری‌های با توان بالا که قابلیت رقابت با نمونه‌های خارجی را داشته باشند، دست پیدا کنند.

۳. همکاری با خارجی‌ها: رویکرد دیگر در تولید خودروهای برقی، بهره‌گیری از فناوری خارجی و انتقال دانش فنی به کشور از طریق همکاری مشترک (JV) است. در این رویکرد سرعت تولید و به‌تبع آن استفاده از خودروهای برقی در کشور افزایش می‌یابد.

هم‌اکنون خودروسازان داخلی با استفاده از استراتژی اول یعنی به‌کارگیری پلتفرم‌های کنونی اقدام به ساخت چند نمونه خودروی برقی کرده‌اند (مانند رانا). اما این استراتژی چندان موفق نبوده است. زیرا قیمت و کیفیت خودروهای تولید شده قابل رقابت با نمونه‌های خارجی نبوده و استقبال چندانی از این تولیدات نشده است. به‌نظر می‌آید بهتر است برای موفقیت درزمینه تولید خودروی برقی در کشور، سیاستگذاری‌ها به شکلی انجام پذیرد که با پیش گرفتن استراتژی سوم یعنی همکاری مشترک با صاحبان دانش فنی، با انتقال دانش تولید این خودروها به کشور، بتوان تولیداتی با کیفیت و قیمتی بهتر به کشور عرضه کرد.

۳-۴. قوانین مرتبط با وسایل نقلیه برقی

جدول ۹. بررسی قوانین مرتبط با وسایل نقلیه برقی

عنوان قانون	مواد و تبصره‌های مرتبط
قانون بودجه سال ۱۳۹۶	**در بند «الف» تبصره «۵»** ماده‌واحده به مؤسسات و وزارتخانه‌هایی همچون نیرو، نفت، صنعت، معدن و تجارت و... اجازه داده شده است برای اجرای طرح‌های دارای توجیه فنی، اقتصادی و مالی خود با اولویت اجرای طرح (پروژه)هایی نظیر طرح‌های حمل‌ونقل به‌ویژه ریلی و وسائط نقلیه برقی تا سقف یکصد هزار میلیارد ریال اوراق مشارکت ریالی و صکوک اسلامی منتشر کنند. **در ردیف‌های اعتبارات متفرقه** هم مبلغ ۳،۰۰۰،۰۰۰ میلیون ریال به‌عنوان کمک‌های فنی و اعتباری برای توسعه و نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی شهری و خرید خودروها و موتورسیکلت برقی اختصاص داده‌اند.
قانون توسعه حمل‌ونقل عمومی و مدیریت مصرف سوخت مورخ ۱۳۸۶/۹/۲۸	**در ماده (۱)** این قانون دولت مکلف شده است در جهت توسعه حمل‌ونقل درون‌شهری و برون‌شهری کشور و مدیریت بر مصرف سوخت نسبت به بهینه‌سازی عرضه خدمات حمل‌ونقل (از طریق اصلاح و توسعه شبکه حمل‌ونقل ریلی، برقی کردن خطوط و اجرای علائم و تأسیسات و ارتباطات، افزایش سرعت در شبکه ریلی، یکپارچه‌سازی و ساماندهی مدیریت حمل‌ونقل، اصلاح قیمت‌ها، ایمن‌سازی و بهبود تردد، بهسازی و از رده خارج کردن خودروهای فرسوده سبک و سنگین مسافری و باری درون و برون‌شهری، تبدیل خودروهای بنزین‌سوز و گازوئیل‌سوز به دوگانه‌سوز و...) از طریق اصلاح فرآیندهای اداری، کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات، اصلاح کاربری زمین و آمایش سرزمین، اعمال محدودیت‌های ترافیکی، آموزش و فرهنگ‌سازی، بهینه‌سازی مصرف انرژی (از طریق عرضه بنزین و گازوئیل در بخش‌های حمل‌ونقل و صنعت و کشاورزی با اولویت کارت هوشمند سوخت، احداث جایگاه‌های عرضه گاز، حمایت از ابداعات و اختراعات مؤثر در کاهش مصرف سوخت)، بهینه‌سازی تولید خودرو (از طریق تولید خودروهای گازسوز، تأمین تجهیزات استفاده از گاز توسط خودروها، **حمایت از تولید خودروهای برقی، دونیرویی (هیبرید) و کم‌مصرف**، استانداردسازی تولید خودروی سبک و سنگین و موتورسیکلت در مصرف سوخت و کاهش آلایندگی) و خروج بنزین و گازوئیل از سبد حمایتی، حداکثر از ابتدای سال ۱۳۹۱ هجری شمسی اقدام کند. در بندهای «۱» و «۲» ماده (۲) این قانون به دولت اجازه داده می‌شود برای اجرای احکام ماده (۱) این قانون اقدامات زیر را به‌عمل آورد: ۱. **اعطای کمک‌های بلاعوض یارانه‌ای** به بخش‌های غیردولتی مرتبط با اهداف این قانون. ۲. **تخفیف در حقــوق ورودی** و سود بازرگانی واردات ناوگان حمل‌ونقل همگانی، خودروهای کم‌مصرف، خودروهای گازسوز، نفت گاز، **برقی و دو نیرویی (هیبریدی) و قطعات و تجهیزات مربوطه**.
قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور مورخ ۱۳۹۴/۲/۹	**ماده (۱۲)** به کلیه وزارتخانه‌ها به‌ویژه نفت و نیرو و شرکت‌های تابعه و وابسته به آنها و سازمان‌ها و مؤسسات دولتی و کلیه دارندگان عنوان و ردیف در قوانین بودجه کل کشور اجازه داده می‌شود سالانه تا سقف یکصد میلیارد (۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰) دلار به‌صورت

عنوان قانون	مواد و تبصره‌های مرتبط
	ارزی و پانصد هزار میلیارد (۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) ریال به‌صورت ریالی که هرساله تا سقف نرخ تورم سال قبل تعدیل می‌گردد، در موارد مربوط به بندهای ذیل این ماده که سرمایه‌گذاری یا اقدام اشخاص حقیقی یا حقوقی خارجی یا داخلی با اولویت بخش‌های خصوصی یا تعاونی به تولید، صادرات، ارتقای کیفیت، صرفه‌جویی یا کاهش هزینه در تولید کالا یا خدمت و زمان و بهبود کیفیت محیط زیست و یا کاهش تلفات جانی و مالی می‌انجامد برای نفت و گاز و میعانات گازی و فرآورده‌های نفتی و کالاها و خدمات قابل صادرات یا واردات به قیمت‌های صادراتی یا وارداتی به نرخ روز ارز بازار آزاد یا معادل ریالی آن با احتساب حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه‌های متعلقه و برای سایر موارد با قیمت‌های غیریارانه‌ای با احتساب حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه‌های متعلقه قرارداد منعقد کنند. **در بند «ب» ماده (۱۲)** این قانون طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف ازجمله صنعت با اولویت صنایع انرژی‌بر و حمل‌ونقل عمومی و ریلی درون و برون‌شهری و ساختمان، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، گسترش استفاده از گاز طبیعی فشرده یا مایع یا گاز مایع شده با اولویت شهرهای بزرگ و مسیر راه‌های اصلی بین‌شهری، **تولید و یا جایگزین کردن خودروهای کم‌مصرف و یا برقی با خودروهای پرمصرف و فرسوده** و... را شامل می‌گردد.
قانون هوای پاک مورخ ۱۳۹۶/۵/۱۱	**در ماده (۹)** این قانون، وزارت کشور موظف شده است با همکاری وزارتخانه‌های صنعت، معدن و تجارت و امور اقتصادی و دارایی (گمرک جمهوری اسلامی ایران)، زمینه نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی شهری با اولویت شهرهای بالای دویست هزار نفر جمعیت را ظرف مدت پنج سال از محل منابع درآمدی ماده (۶) این قانون از طریق کمک بلاعوض، یارانه، تسهیلات یا صفر کردن سود بازرگانی واردات خودروهای برقی ـ بنزینی (هیبریدی) و خودروهای الکتریکی و موتورسیکلت برقی، به انجام برساند. **تبصره ــ** خودروهای برقی ـ بنزینی، موتورسیکلت و خودروهای الکتریکی تولید داخل از پرداخت مالیات بر ارزش افزوده معاف هستند.

همان‌گونه که در قوانین مرتبط با وسایل نقلیه برقی به‌وضوح مشاهده می‌شود، وجود قوانین مرتبط و حمایتی، برای این نوع وسایل نقلیه وجود دارد. اما نکته مهم نبودن اهتمام کافی در اجرای آنهاست؛ لذا ضروری است دولت در جهت اجرایی شدن این قوانین، اهتمام لازم را به‌کار بندد. البته ذکر این نکته حائز اهمیت است که زمان تصویب اکثر قوانین حمایتی در این حوزه، جدید و طی دو سال اخیر بوده است و هنوز آثار آن به‌وضوح قابل تشخیص نیست.

۵. چالش‌های پیش رو

بخشی از چالش‌های پیش رو در استفاده از خودروهای برقی، چالش‌های جهانی است که تمامی استفاده‌کنندگان از این وسیله نقلیه را در جهان شامل می‌شود و بخشی دیگر از چالش‌ها، به‌طور ویژه

مشکلات موجود در مسیر استفاده از این فناوری جدید در ایران است. در ادامه به بررسی این چالش‌ها خواهیم پرداخت.

۵-۱. چالش‌های پیش رو در دنیا

یکی از چالش‌هایی که درزمینه استفاده از خودروهای برقی در تمام دنیا مطرح است، تأمین برق مورد نیاز برای شارژ این خودروهاست. با توجه به اینکه هدف از تولید خودروهای برقی، کاهش آلایندگی است، لذا برق مورد نیاز نیز باید از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک تأمین شود. زیرا چنانچه از نیروگاه‌های فسیلی استفاده شود، این آلایندگی از سطح شهر به اطراف شهر منتقل خواهد شد و عملاً در میزان آلودگی هوا تأثیری نخواهد داشت.

از دیگر چالش‌های مطرح در این زمینه، امکان بروز خطرات جانی ناشی از برق‌گرفتگی در هنگام شارژ خودرو است. ازآنجاکه در برخی ایستگاه‌های شارژ از ولتاژها و جریان بالای برق (ولتاژ بیش از ۴۰۰ ولت و گاهی جریان بالای ۳۵۰ آمپر) استفاده می‌شود، لذا باید دقت بالایی در ایجاد امنیت درخصوص این خطرات انجام گیرد.

امنیت داده و شبکه و فضای شخصی در استفاده از خودروهای برقی و هوشمند نیز از دیگر چالش‌های مطرح در استفاده از این خودروهاست. ازآنجاکه خودروی مورد استفاده بخشی از یک شبکه خواهد بود، لذا امنیت اطلاعات رانندگان و صاحبان این خودروها باید از امنیت کافی برخوردار باشند.

ایجاد زیرساخت‌ها و ایستگاه‌های شارژ نیز از چالش‌هایی است که استفاده از این خودروها را با محدودیت‌هایی مواجه کرده است. این خودروها برای مسافرت‌های درون‌شهری می‌توانند کارآیی داشته باشند، اما به‌دلیل عدم وجود ایستگاه‌های شارژ در فواصل معین در جاده‌های جهان، پیمودن مسافت‌های بین‌جاده‌ای طولانی با خودروهای برقی عملاً غیرممکن است.

۵-۲. چالش‌های پیش رو در ایران

استفاده از خودروهای برقی در ایران علاوه‌بر چالش‌های یاد شده در بخش قبل که تمامی استفاده‌کنندگان خودروهای برقی با آنها درگیر هستند، با چالش‌های دیگری نیز روبه‌رو است که از آن جمله می‌توان به قیمت بالا، محدودیت تردد، و خدمات پس از فروش اشاره کرد. مهمترین این چالش‌ها مشکلات زیرساختی و قیمت بالای این خودروهاست که این مشکلات سبب شده استقبال زیادی از این نوع خودروها وجود نداشته باشد. باید توجه کرد که همزمان با ساخت خودروهای برقی، زیرساخت‌های لازم برای استفاده از آنها نیز در کشور ایجاد شود. ایجاد ایستگاه‌های شارژ خودرو در شهرها و بزرگراه‌ها ازجمله مواردی است که باید برای توسعه استفاده از خودروهای برقی مدنظر قرار گیرد. هم‌اکنون با وجود

اینکه تعرفه واردات خودروهای تمام‌برقی توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت پنج درصد اعلام شده است، اما تاکنون رغبت زیادی به واردات این نوع خودرو دیده نشده است. یکی از دلایل اصلی این موضوع نبود ایستگاه‌های شارژ خودرو در کشور است. در این شرایط از این خودروها نمی‌توان برای مسافرت بین‌شهری استفاده کرد. از طرفی در داخل شهرها نیز نیازمند احداث ایستگاه‌های سوپرشارژ هستیم تا استفاده‌کنندگان از این نوع خودروها بتوانند در یک مدت زمان مطلوب خودروی خود را شارژ کرده و به حرکت خود ادامه دهند. موضوع دیگر، نبود خدمات تعمیراتی برای این‌گونه خودروها در کشور است. این نگرانی همیشه وجود دارد که چنانچه خودرو به هر دلیلی دچار آسیب فنی شود، تعمیرگاهی که از دانش لازم درخصوص این خودروها برخوردار باشد موجود نیست. علاوه‌بر آن تعداد تعمیرگاه‌ها نیز خود چالش دیگری خواهد بود می‌تواند در این زمینه مطرح شود. دسترسی به تعمیرگاه در کمترین زمان و انحصاری نبودن این تعمیرگاه‌ها که بعضاً باعث خواهد شد قیمت‌های سرسام‌آوری از صاحبان خودرو دریافت شود، چالش دیگری است که در این زمینه مطرح می‌شود. همان‌گونه که ذکر شد خودروهایی که اکنون توسط خودروسازان داخلی عنوان شده تقریباً با قیمتی سه‌برابر قیمت خودروهای با سوخت فسیلی است که به هیچ عنوان رقابتی نبوده و تمایلی برای خرید آنها وجود نخواهد داشت.

نتیجه‌گیری

در میان خودروهای برقی که اکنون در جهان به‌صورت تجاری درآمده و در اختیار مصرف‌کنندگان قرار گرفته‌اند، مدل‌های S و X مربوط به شرکت خودروسازی تسلا در رتبه اول قرار گرفته‌اند. این خودروها با بهره‌گیری از باتری‌های با توان بالا می‌توانند مسافتی تقریباً دوبرابر سایر خودروها را بپیمایند. از طرفی به نسبت توان باتری، زمان کمتری برای شارژ باتری این خودروها نیز با استفاده از ایستگاه‌های سوپرشارژ در مقایسه با نمونه‌های مشابه لازم است. پس از شرکت تسلا، نیسان با معرفی مدل Leaf در رده دوم از لحاظ پیمایش مسیر قرار گرفته است و به‌دنبال آن شرکت رنو نسبت به سایر شرکت‌ها پیشتاز می‌باشد. هرچند برخی از شرکت‌های مشهور درزمینه ساخت باتری‌های خودروهای برقی به فناوری‌هایی جدیدتر دست یافته‌اند، اما راه طولانی برای تجاری‌سازی محصول خود در پیش دارند. همچنین شرکت تسلا درزمینه ساخت و گستردگی ایستگاه شارژ خودرو نسبت به سایر رقیبان وضعیت بهتری دارد. ساخت ایستگاه‌های شارژ خودرو هم‌اکنون به مسئله بسیار مهمی تبدیل شده است. زیرا لازمه فروش محصولات این شرکت‌ها، دسترسی آسان استفاده‌کنندگان به ایستگاه‌های شارژ است. در فناوری‌های جدید تولید باتری‌ها، کاهش میزان کبالت ازجمله مواردی است که باید مورد توجه قرار گیرد. زیرا از یک‌سو قیمت این ماده به‌دلیل کمبود جهانی آن روزبه‌روز در حال افزایش است، از طرف دیگر تولید باتری‌ها به سمت‌وسویی باید پیش برود که قیمت نهایی خودروهای برقی کاهش یابد و رغبت عمومی در استفاده

از آنها به‌وجود بیاید. البته این نکته توسط شرکت‌های بزرگ خودروسازی در جهان در حال انجام است. همچنین باید توجه داشت که نیاز ورود هر فناوری در بازار جدید، ایجاد بستری مناسب برای آن است و بدون ایجاد زیرساخت‌های مناسب، پیشرفته‌ترین فناوری‌ها نیز با شکست روبه‌رو می‌شوند. باید در کنار تلاش برای تولید و عرضه خودروهای برقی در کشور با قیمت‌های مناسب و قابل رقابت با خودروهای بنزینی و آماده‌سازی زیرساخت‌های لازم برای استفاده از این نوع خودروها، برنامه‌هایی نیز برای ترویج فرهنگ استفاده از این خودروها توسط مردم اجرایی شود. الگوگیری از کشورهای پیشرفته در این زمینه و انجام تحقیقات زیربنایی در کشور جهت مدل کردن ایستگاه‌های شارژ که به‌صورت شبکه‌ای گسترده در سراسر کشور به‌وجود بیاید، باید به‌صورت جدی‌تر دنبال شود.

در کشورهای جهان سیاست‌های متفاوتی در خصوص ترویج استفاده از خودروهای برقی پایه‌ریزی شده و به اجرا درمی‌آید. ایالت کالیفرنیا، نمایی از آینده و به‌ویژه آینده صنعت خودرو را نشان می‌دهد. خودروهایی که در خیابان رفت و آمد دارند، تسلا، نیسان لیف، تویوتا پریوس یا مشابه آن هستند. خودروهای برقی یا هیبریدی جای خود را در حمل و نقل در این ایالت باز کرده‌اند و بیشتر مراکز تجاری و فروشگاه‌ها و خانه‌ها دارای ایستگاه‌های شارژ این خودروها هستند.

در کشور ژاپن تخفیف مالیاتی جهت خرید برق، گاز طبیعی، متانول و وسائل نقلیه برقی در نظر گرفته شده بود که پس از آن یارانه‌ای بالغ بر ۸ هزار دلار به خریداران خودروهای برقی پرداخت می‌نماید. یارانه خرید تا ۵۰ درصد هزینه‌های اضافه خرید خودروی برقی نسبت به خودروی معمولی پیش‌بینی شده بود. در اتریش خودروهای برقی از پرداخت مالیات‌های ماهیانه بر خودرو و سوخت معاف می‌باشند.

در کشور چین در ازای هر خودروی برقی و هیبریدی تولید شده از سوی خودروسازان فعال در صنعت خودروسازی این کشور رقمی معادل ۳۰۰هزار یوآن (معادل ۴۳ هزار دلار) یارانه پرداخت می‌کند. دولت مرکزی چین در سال ۲۰۱۶ میلادی رقمی معادل ۵/۵ میلیارد دلار روی طراحی، توسعه و تولید خودروهای سبز سرمایه گذاری انجام داده است. در جمهوری چک خودروهای برقی و دوگانه‌سوز از پرداخت مالیات جاده‌ها معاف هستند. در کشور استونی دولت بودجه‌ای معادل ۹ میلیون یورو به جهت وام برای خرید خودروهای برقی در نظر گرفته‌است. دولت برای واردات هر خودرو برقی تا سقف ۱۸ هزار یورو یارانه می‌پردازد.

انگلستان تا سال ۲۰۴۰ تولید و فروش تمامی خودروهای بنزینی و دیزلی را در این کشور ممنوع اعلام خواهد کرد تا از طریق این روش با معضل آلودگی هوا مقابله نماید. پس از انگلستان، کشورها و شهرهای دیگری همچون فرانسه، مادرید، میکزیکو سیتی و آتن نیز اعلام نموده‌اند که روند تولید و فروش خودروهای بنزینی و دیزلی را متوقف خواهند نمود. چین که خود یکی از سازندگان خودروهای برقی می‌باشد، قصد دارد ساخت و تولید خودروهای بنزینی و دیزلی را ممنوع اعلام کند. اما مقامات این کشور

زمان دقیقی را برای این موضوع مشخص نکرده‌اند. این کشور تصمیم دارد حداقل یک پنجم فروش خودرو در این کشور را تا سال ۲۰۲۵ به بازار این خودروها اختصاص دهد. هند دیگر کشوری است که قصد دارد تا سال ۲۰۳۰، خودروسازان کشورش را موظف نموده است تا تمامی خودروهای تولیدی در این کشور را برقی کنند.

درخصوص کشور ایران آنچه که واضح است این است که به منظور گسترش استفاده از خودروهای برقی باید علاوه‌بر ایجاد بازار رقابت‌پذیر مشخصات فنی خودرو، با در نظر گرفتن یارانه دولتی، قیمت این خودروها (چه تولید داخل کشور چه وارداتی) در حدی باشد که بتوان مصرف‌کنندگان را تشویق به خرید این نوع خودرو نمود. لذا در نظر گرفتن یارانه خرید خودروهای برقی در بودجه سالانه یکی از بهترین سیاست‌های حمایتی در کشور می‌تواند باشد تا در کنار سایر سیاست‌ها مانند تخفیف‌های مالیاتی در گسترش روز افزون استفاده از خودروهای برقی در حمل و نقل مفید واقع شود.

پیشنهادها

با توجه به آنچه گفته شد، به‌منظور گسترش استفاده از خودروهای برقی در کشور و بهره‌مندی از مزایای استفاده از این خودروها ازجمله کاهش آلودگی هوا پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. پیشنهاد می‌شود به‌عنوان اولین اقدام، استفاده از موتور و دوچرخه‌های برقی به‌خصوص در مناطق پرترافیک و با میزان آلودگی بالا در دستور کار دولت قرار گیرد. همچنین در ناوگان حمل‌ونقل عمومی در کلانشهرها و به‌ویژه تهران از اتوبوس‌های برقی به‌جای اتوبوس‌های گازوئیلی استفاده شود. برای این منظور باید تسهیلات لازم در اختیار شرکت‌های اتوبوسرانی و تاکسیرانی قرار گرفته و بر عملکرد آنها نظارت لازم صورت پذیرد.

۲. ضروری است سیاست‌هایی در کشور اتخاذ شود (مانند کشورهای انگلستان، چین، هند و...) تا در یک چشم‌انداز مشخص ۱۰ تا ۲۰ ساله برای رسیدن به نقطه مطلوب درزمینه توسعه خودروهای برقی و از رده خارج کردن خودروهای بنزینی و گازوئیلی آلاینده، اقدامات جدی ازسوی تمامی دستگاه‌ها و وزارتخانه‌هایی که به‌نحوی با این موضوع ارتباط دارند، ازجمله وزارت نیرو، نفت و وزارت صنعت، معدن و تجارت، صورت پذیرد.

۳. مشوق‌های لازم برای امکان حضور شرکت‌های خصوصی به‌ویژه شرکت‌های دانش‌بنیان درزمینه مشارکت با صاحبان فناوری در نظر گرفته شود (ازجمله معافیت‌ها و تخفیف‌های مالیاتی). با این روش می‌توان با ایجاد یک بازار رقابتی داخلی، رقابت قابل قبولی برای سرعت بخشیدن به گسترش تولید و استفاده از خودروهای برقی ایجاد کرد.

۴. پیشنهاد می‌شود با الگوگیری از کشورهای اروپایی موفق در این زمینه، با یک سازوکار تعریف شده، خودروسازان را به ساخت جایگاه‌های شارژ در تمامی نقاط کشور مکلف کرد.

منابع و مآخذ

1. Electric Vehicle Outlook 2017, Bloomberg New Energy Finance’s annual long-term forecast of the world’s electric vehicle market July 2017.
2. BP Energy Outlook. 2017 edition.
3. Deng, D. Li-ion batteries: Basics, progress, and challenges. Energy Sci. Eng. 2015, 3, 385–418.
4. Grunditz, E.A.; Thiringer, T. Performance Analysis of Current BEVs—Based on a Comprehensive Review of Specifications. IEEE Trans. Transp. Electr. 2016, 2, 270–289.
5. Gert Berckmans, Maarten Messagie, Jelle Smekens, Noshin Omar, Lieselot Vanhaverbeke and Joeri Van Mierlo, Cost Projection of State of the Art Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles Up to 2030. Energies 2017. Published:September 2017.
6. Battery Metals for a Clean Energy Future, GIGAMETALS, November 2017
7. http://cairnera.com
8. https://www.tesla.com
9. https://www.fraunhofer.de/en

۱۰. شجاعی، سعید. بررسی تولید خودروی برقی در ایران، مرکز پژوهش‌های مجلس، شماره مسلسل ۱۴۸۷۴، ۱۳۹۵.

۱۱. عابسی، احد. طراحی ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی، مرکز توسعه فناوری خودروی برقی پژوهشگاه نیرو، سی و دومین کنفرانس بین‌المللی برق. آبان ۱۳۹۶.

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۵۹۱۹

عنوان گزارش: تحلیلی بر فناوری‌ها و ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی و چالش‌های پیش‌رو

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه صنعت)

تهیه و تدوین‌کنندگان: ارس شیخی، امیر محمودی، سودابه رحمانی و سعید شجاعی

مدیر مطالعه: علی‌اصغر اژدری

ناظر علمی: حسین افشین

متقاضی: معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی: ـــــ

تاریخ انتشار: ۱۳۹۷/۴/۹