نشریه علمی تخصصی شباک
سال ششم، شماره ۶ (پیاپی: ۵۷)، بهمن ۱۳۹۹
ISSN: 2476-3667

مقایسه زیست محیطی و اقتصادی خودروهای الکتریکی و هیبریدی با بنزینی

عباس هدایتی لاسکی[1*]، مهدی نیاجلیلی[1]، سید محمدرضا حسینی علی آباد[2]، هادی تاج بر پرشکوهی[1]

کد مقاله: ۱۴۵۲۳

چکـیده

با توجه به افزایش جمعیت، تقاضا پیرامون مسائل مربوط به حمل و نقل افزایش داشته است. ازدیاد تعداد خودروها و به تبع آن افزایش آلودگی‌های زیست محیطی باعث شده است که ضرورت تحقیق پیرامون تکنولوژی ها کنترل آلایندگی افزایش یابد. لذا تحقیقات پیرامون استفاده از خودروهای هیبریدی و الکتریکی با هدف کاهش مصرف سوخت و کنترل میزان آلاینده‌های خروجی خودرو، که اثرات نامطلوبی روی محیط زیست می‌گذارند، افزایش یابد. با توجه به مکانیزم خودروهای هیبریدی و الکتریکی، درصد مشارکت موتورهای احتراق داخلی در تولید قدرت این خودروها کم شده و یا از بین رفته است. در این پژوهش خودروهای هیبریدی از دیدگاه محیط زیست مورد بررسی قرار گرفته و مزایای آنها در کاهش ایجاد آلودگ های زیست‌محیطی چون نشر کمتر گازهای آلاینده و همچنین صرفه‌جویی در مصرف منابع سوخت های فسیلی و صرفه اقتصادی تشریح شده و کارکرد این خودروها در مقایسه با خودروهای معمولی مورد مقایسه قرارگرفته است. با بررسی مزایا و معایب به کارگیری خودروهای هیبریدی، نتیجه شده است که به‌دلیل کاهش مصرف سوخت، افزایش طول عمر، صرفه اقتصادی و تولید آلاینده‌های کمتر نسبت به خودروهایی با موتورهای درون سوز، می توانند جایگزین مناسبی برای موتورهای احتراقی به حساب آیند و یا در کنار آن‌ها در خودرو استفاده شوند.

واژگـان کلـیدی: آلودگی هوا، خودرو، محیط زیست، مصرف سوخت، هیبریدی

۱- دپارتمان مهندسی مکانیک، آموزشکده سیدالشهدا(ع) رستم آباد، دانشگاه فنی و حرفه ای استان گیلان-ایران
۲-گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه مازندران

www.SID.ir

۱- مقدمه

خودروها بخشی بزرگی از زندگی روزمره را تشکیل می دهند. لذا مواد و گازهای خارج شده از اگزوز خودروهای موتور احتراق داخلی منبع عمده آلوده سازی شهری هستند که خود اثرات گلخانه ای را به همراه دارد و در نهایت به گرم شدن کره زمین می انجامد. مطابق بررسی‌ها، چنانچه روند مصرف انرژی به شکل موجود ادامه پیدا کند، میزان دی اکسید کربن موجود در محیط زیست تا سال ۲۰۵۰ به دو برابر میزان آن در سال ۲۰۰۵ خواهد رسید که از دیدگاه مسائل زیست محیطی و نقشه راه های موجود، قابل قبول نخواهد بود. مطابق برنامه های جهانی، این مقدار بایستی در سال ۲۰۵۰ تقریبا به نصف میزان آن در سال ۲۰۰۵ برسد (Ryssel,2011).

سالانه صدها هزار نفر از ساکنین کره زمین و به خصوص در شهرهای صنعتی از سرطان های مرتبط با آلودگی هوا جان می سپارند. صدها هزار نفر از بیماری های برونشیت، آمفیزم و سایر بیماریهای تنفسی رنج می برند. در چنین شرایطی جلوگیری از آلودگی هوا و به عبارت بهتر کنترل آلاینده ورودی به اتمسفر امری ضروری و اجتناب ناپذیر می نماید. از سوی دیگر وابستگی به نفت به عنوان منبع مطلق انرژی جهت خودروها، کاهش منابع سوختی و وجود نوسان‌های شدید در بازار عرضه، دیگر موضوعاتی است که لزوم ایجاد تغییر در تکنولوژی های متداول مورد استفاده در صنعت خودرو را گوشزد میکند. ظرف 30 سال آینده دست کم 2 میلیارد نفر به جمعیت حدود ۸ میلیارد نفری کره زمین اضافه می گردد(World Population Prospects, 2019). صرف نظر از هرگونه پیشرفت در فناوری های جدید و بهره وری در مصارف انرژی، تقاضا برای انرژی رو به افزایش است و این افزایش را هم اکنون در کاهش مقدار نفت موجود در انبارهای کشورهای صنعتی و افزایش قیمت جهانی نفت می توان ملاحظه کرد.

تعداد خودروهای کره زمین در طی ۱۰ سال گذشته، دو برابر شده و از مرز یک میلیارد خودرو گذشته است(IEA, 2011). از سوی دیگر به دلیل کاهش منابع زیرزمینی، تولید نفت و گاز کشورهای غیر اوپک رو به کاهش رفته و وابستگی کشورهای غربی به اوپک افزایش خواهد یافت. کشورهای اوپک نیز به واسطه کاهش منابع نفتی تا آن زمان قادر به افزایش تولید نخواهند بود و به عبارت دیگر در آینده ای نه چندان دور، منابع موجود در کره زمین قادر به پاسخگویی نیازهای انرژی جامعه بشری نخواهند بود.

در این پژوهش، بررسی توجیه اقتصادی خودروهای الکتریکی و هیبریدی نسبت به خودروهای بنزینی از نظر هزینه های تولید و سوخت مصرفی انجام گرفته است و در مرحله بعد این خودروها از لحاظ زیست محیطی نیز مورد بررسی قرار گرفته اند.

۲- معرفی خودروهای برقی و هیبریدی

محدودیت طبیعی و پایان پذیر بودن برخی منابع، همچون سوخت های فسیلی ما را به سوی تلاش برای استفاده هرچه صحیح تر از این ثروت های با ارزش رهنمون می شود. هنگامی که مصارف مختلف انرژی را در مقیاس جهانی مورد توجه قرار می دهیم، مشخص می شود که بیش از یک چهارم انرژی اولیه در بخش حمل و نقل مصرف می شود که طبق ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۸ سهم فرآورده های نفتی در تأمین آن در حدود ۷۰ درصد است(ترازنامه انرژی وزارت نیرو، ۱۳۸۸). این ترتیب اهمیت بخش حمل و نقل در حوزه اقتصاد انرژی و محیط زیست بیش از پیش نمایان می شود. مشاهدات اخیر در کشورهای صنعتی به ویژه پس از افزایش نسبی قیمت های انرژی و بحران اقتصادی جهانی حاکی از آن است که صنایع خودروسازی در حال تحول ساختاری بوده و در صدد طراحی و تولید خودروهایی با مصرف سوخت و آلایندگی کمتر هستند. در این زمینه به نظر می رسد که توسعه تکنولوژی های نوین و کاربرد آن در خودروها مانند پیل سوختی، خودروهای الکترو هیبریدی، موتورهای الکتریکی و استفاده از سوخت های جایگزین، در آینده تأثیرات وسیعی در ساختار بازار انرژی و مسائل اقتصادی و سیاسی مرتبط با آن خواهد داشت. کاربرد این تکنولوژی ها همچنین می تواند بر الگوی تولید و مصرف انرژی نیز اثرگذار بوده و موجب ایجاد تغییرات در رفتارهای اجتماعی و شیوه زندگی مردم شود(وفایی، ندا و نیرومند، مهدی، ۱۳۹۳).

۲-۱. انواع کلی خودروهای برقی

خودروهای برقی به طور کلی به سه دسته زیر تقسیم میشوند:

- خودروهای برقی با باتری (BEV)[1]
- خودروهای برقی هیبریدی (HEV)[2]
- خودروهای پیل سوختی برقی(FCEV) [3]

1 Battery Electric Vehicles
2 Hybrid Electric Vehicles
3 Fuel Cell Electric Vehicles

www.SID.ir

۲-۱-۱. خودروهای برقی با باتری (BEV)

این خودروها دارای موتور برقی به همراه باتری هایی برای تأمین انرژی برقی بوده و از انـرژی بـاتری هـا هم به عنوان نیروی محرکه موتور برقی خـودرو و هـم بـرای تـأمین انـرژی لازم بـرای سـایر تجهیـزات استفاده می شود. باتری ها می توانند هم از طریق اتصال به شبکه برق و هم از طریق انرژی ترمز و حتی از منابع برقی غیرشبکه نظیر پیل های خورشیدی شارژ شوند.

۲-۱-۲. خودروهای برقی هیبریدی (HEV)

این خودروها دارای موتور سوختی و موتور برقی با باتری با قابلیت ذخیـره انـرژی از موتـور سـوختی و ترمز خودرو هستند و باتری ها در زمان مورد نیاز به کمک خودرو می آیند تا نیروی کمکی تولیـد کننـد یا در سرعت های پایین، با خاموش شدن موتور سوختی، نیروی محرکه خود را تـأمین نماینـد. در دهـه گذشته حدود ۱٫۵ میلیون دستگاه خودروی هیبریدی به فروش رفته است. در کشورهای توسـعه یافتـه مانند ایالات متحده حدود ۳ درصد از خودروهای موجود هیبریدی هسـتند. برای از بین بردن معایب خودروهای برقی هیبریدی از خودروهای الکتریکی هیبریدی با قابل اتصال به شبکه(PHEV)[1] طراحی شده اند که قابل شارژ از شبکه بوده و در نتیجه نیاز به باتری های بیشتری نسبت به آنها دارند(سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری زیرساخت خودرو برقی، ۱۳۹۴).

۲-۱-۳. خودروهای پیل سوختی برقی(FCEV)

خودروهای پیل سوختی به دو دسته خودروهای پیل سوختی ساده که در آنها خود پیل و توده سوختی آن به عنوان منبع تولید توان بوده و هیچگونه باتری کمکی در آن استفاده نمیشود و خودروهای هیبریدی پیل سوختی (FCEV)که خودروهای هیبریدی – برقی پیل سوخت(FCEV) اساساً یک خودروی هیبریدی ـ برقی است که به پیل سوختی مجهز شده است تقسیم بندی می شوند. این نوع از خودروها به طور همزمان از بیشترین بازده انرژی پیل سوختی و توان بالا و امکان راه اندازی سریع باتری ها استفاده میکنند(وفایی، ندا و نیرومند، مهدی، ۱۳۹۳). جدول ۱ مشخصات انواع کلی خودروهای برقی را نشان می دهد.

جدول ۱. ویژگی‌های انواع خودروهای برقی شامل خودروهای برقی با باتری، هیبرید برقی و پیل سوختی برقی

انواع خودروهای برقی (EV)	خودروهای برقی با باتری (BEV)	خودروهای برقی هیبریدی (HEV) و(PHEV)	خودروهای پیل سوختی برقی (FCEV)
نیروی رانشی	موتور برقی	موتور برقی – موتورهای احتراق داخلی (ICE)	موتور برقی
سیستم انرژی	باتری – ابرخازن	باتری – ابرخازن– واحد تولیدکننده (ICE)	سلولهای سوختی–نیاز به باتری/ابرخازن برای بالا بردن چگالی قدرت برای استارت
منابع انرژی و زیرساخت	امکانات شارژ از شبکه برق	پمپ بنزین – امکانات شارژ از شبکه برق (برای هیبرید دوشاخه دار)	هیدروژن– زیرساخت برای تولید و انتقال هیدروژن
ویژگیهای عمومی	آلودگی صفر – بی صدا – بازدهی انرژی بالا– عدم وابستگی به نفت خام – دامنه حرکتی نسبتاً کوتاه – هزینه اولیه بالا – قابلیت دسترسی تجاری	آلودگی بسیار پایین– وابسته به شرایط تقریباً بیصدا – هزینه سوخت پایین تر به نسبت خودروهای دارای موتور احتراق داخلی – دامنه حرکتی بالا – وابستگی به نفت خام (برای هیبریدهای بدون دوشاخه)– قیمت بالاتر در مقایسه با خودروهای موتور احتراق داخلی – قابلیت دسترسی تجاری	آلودگی صفر یا آلودگی بسیار پایین – بی صدا– بازدهی انرژی بالا – عدم وابستگی به نفت خام (در صورت عدم استفاده از بنزین برای تولید هیدروژن)– دامنه حرکتی مورد قبول– هزینه بالا– در حال توسعه
مشکلات عمده	باتری و مدیریت باتری – وابستگی کامل به باتری (قابل مقایسه نبودن آن با سوختهای فسیلی ظرفیت و چگالی انرژی)– شارژ– هزینه	مدیریت، بهینه سازی و کنترل منابع چندگانه انرژی – مدیریت و اندازه باتری	هزینه پیل سوختی، قابلیت اطمینان و عمر چرخه – زیرساخت هیدروژن

1 Plug in Hybrid Electric Vehicles

www.SID.ir

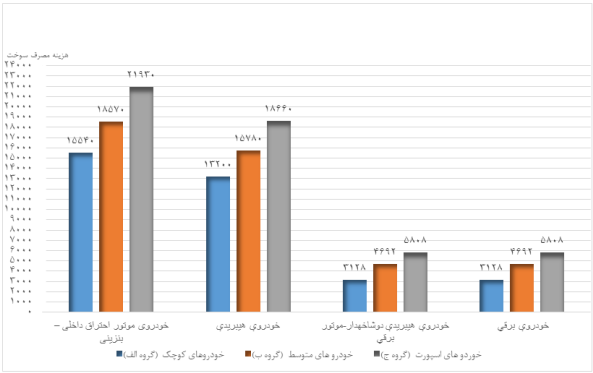
۳- بررسی هزینه و مصرف سوخت خودروهای الکتریکی و هیبریدی در مقایسه با خودروهای بنزینی

هزینه انرژی مصرفی خودروی برقی و هیبریدی در مقایسه با دیگر فناوری یکی از مهم ترین پارامتر ها برای بررسی توجیه اقتصادی این نوع خودروها است. به این منظور در جدول ۱ با در نظر گرفتن ۳ کلاس خودرو الف، ب و ج و در ۳ بخش مسافتی کوتاه، متوسط و بلند به تحلیل هزینه مصرف سوخت خودروها پرداخته شده است. به عنوان مثال؛ خودروی برقی گروه الف برای طی مسافت ۱۰۰ کیلومتر کاهش حدوداً ۸۰ درصدی در هزینه مصرف سوخت نسبت به خودروهای احتراق داخلی بنزینی پرداخت می کند. همچنین خودروهای برقی گروه‌های ب و ج کاهش حدوداً ۷۵ درصدی در هزینه مصرف سوخت، نسبت به خودروهای احتراق داخلی بنزینی را نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن مصرف سالیانه، صرفه جویی بسیار بزرگی است.

جدول ۲. میزان و هزینه مصرف سوخت خودروهای الکتریکی و هیبریدی در مقایسه با خودروهای بنزینی

	موتور احتراق بنزینی (CEV-SI)	خودروی هیبریدی (HEV)	خودروی برقی هیبریدی (PHEV-CD)	خودروی برقی (BEV)
میزان مصرف برای ۱۰۰ کیلومتر (گروه الف)[۱]	۵,۱۸ لیتر	۴,۴ لیتر	۱۳,۷۸ کیلووات ساعت	۱۳,۷۸ کیلووات ساعت
میزان مصرف برای ۱۰۰ کیلومتر (گروه ب)[۲]	۶,۱۹ لیتر	۵,۲۶ لیتر	۲۰,۶۷ کیلووات ساعت	۲۰,۶۷ کیلووات ساعت
میزان مصرف برای ۱۰۰ کیلومتر (گروه ج)[۳]	۷,۳۱ لیتر	۶,۲۲ لیتر	۲۵,۵۹ کیلووات ساعت	۲۵,۵۹ کیلووات ساعت

در مرحله بعد با توجه به مقادیر مصرف مشخص شده در جدول ۲ و نرخ انرژی میزان هزینه سوخت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در شکل ۱ مقایسه ای بین هزینه تولید انرژی بین خودروهای الکتریکی و هیبریدی با خودروهای بنزینی انجام شده است.



شکل۱. مقایسه هزینه انرژی مصرفی خودروهای الکتریکی و هیبریدی با خودروهای بنزینی

۴- بررسی میزان و نوع آلایندگی خودروهای هیبریدی نسبت به سایر خودروها

خودروهای هیبریدی در مقایسه با خودروهای غیر هیبریدی، گاز مونوکسید کربن CO کمتری تولید می کنند، به طوریکه اگر ۱۰۰۰ خودروی هیبریدی را با ۱۰۰۰ عدد خودروی غیر هیبریدی مقایسه کنیم، آلایندگی CO خودروهای هیبریدی به ازای طی کردن سالانه ۲۰۰۰۰ کیلومتر ۲۷۸۰ تن و برای خودروهای غیر از آن، ۴۳۴۰ تن است. اختلاف آلایندگی این دو مدل خودرو برابر ۱۵۶۰ تن میشود که تقریبا برابر با جرم خالص نزدیک به هزار دستگاه خودروی سواری است. برای مثال این یعنی اگر هزار دستگاه

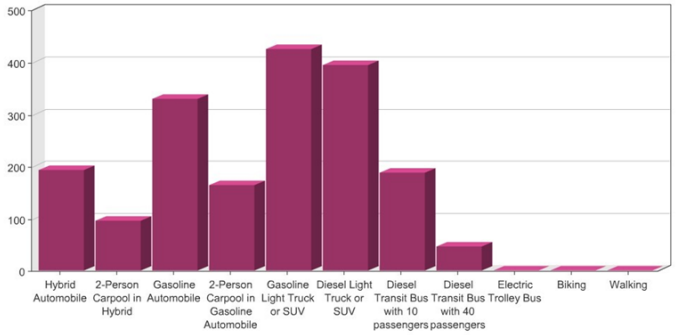
۱- خودروهای کوچک مانند فیات پاندا(خودروهای با حجم موتور زیر ۱۵۰۰ سی سی)

۲- خودروهای متوسط مانند بنز کلاس C (خودروهای با حجم موتور بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ سی سی)

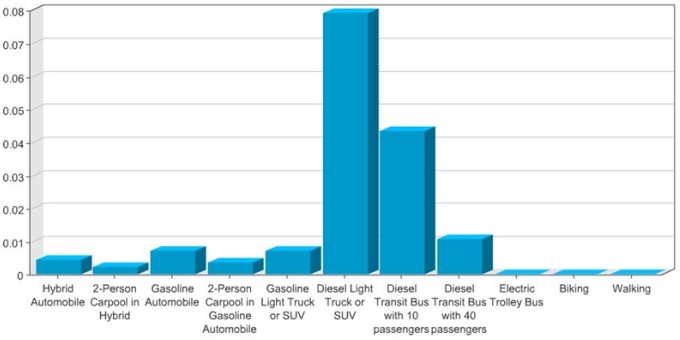
۳- خودروهای اسپورت مانند بی ام و X3 و نیسان قشقایی(خودروهای با حجم موتور بالای ۲۰۰۰ سی سی)

www.SID.ir

خودروی سوناتای هیبریدی را جایگزین سوناتای بنزینی کنیم، در طول سال به اندازه نزدیک به جرم هزار خودروی سواری، آلودگی کمتری خواهیم داشت. اگر به همین شکل میزان سوخت مصرفی این دو خودرو را مقایسه کنیم به ازای پیمودن ۲۰۰۰۰ کیلومتر مسافت سالیانه، این رقم برای ۱۰۰۰ عدد خودروی سوناتا هیبرید ۱۱۸۰۰۰۰ لیتر بنزین و برای خودروی غیر هیبرید ۱۸۰۰۰۰۰ لیتر بنزین است. اختلاف این دو مقدار برابر ۶۲۰۰۰۰ لیتر است که با این مقدار می توان مخزن سوخت ۸۸۵۷ خودرو را با گنجایش ۷۰ لیتر پر کرد..تقریبا نیمی از کل تولید جهانی CO_2 را خودروها تولید می کنند، و این در حالیست که خودروهای هیبریدی، احتمال جدیدی را برای کاهش جهانی تولید CO_2 در جهان به وجود می آورند (Cerovsky, Z and Mindle, P., 2008). در شکل ۳ خودروها به لحاظ میزان انتشار گازهای گلخانه ای و در شکل ۴ برحسب انتشار ذرات معلق با یکدیگر مقایسه شده اند.



شکل ۳. میزان انتشار گازهای گلخانه ای(مرکز بررسی های استراتژیک ریاست جمهوری، ۱۳۹۶).



شکل ۴. میزان انتشار ذرات معلق بین خودروهای مختلف(مرکز بررسی های استراتژیک ریاست جمهوری، ۱۳۹۶).

خودروهای دیزلی، تولید کننده بیشترین میزان ذرات معلق هستند در حالی که خودروهای هیبریدی ذرات معلق بسیار کمی تولید میکنند. اما نکته ای که حائز اهمیت است و از مشاهده شکل ۴ حاصل می شود این است که میزان آلودگی خودروهای بنزینی برخوردار از فناوری کاتالیست، تفاوت چندانی با خودروهای هیبریدی ندارد. مقایسه میزان آلودگی خودروی هیبریدی در مقایسه با خودروهای بنزینی هم رده خود، نشان دهنده این است که خودروهای بنزینی در رده قیمتی خودروهای هیبریدی نیز از استانداردهای لازم به لحاظ میزان آلاینده ها برخوردار هستند. خودروهای غیر هیبریدی که وارد کشور میشوند طبق قانون باید از استاندارد یورو ۵ برخوردار باشند که در آن علاوه بر آلاینده های منوکسید کربن و هیدروکربنها به آلاینده اکسید نیتروژن و ذرات معلق نیز توجه شده است (مرکز بررسی های استراتژیک ریاست جمهوری، ۱۳۹۶).

۵- نتیجه گیری و جمع بندی

در این پژوهش به معرفی کلی خودروهای الکتریکی و هیبریدی پرداخته شده و ویژگی های خودروهای الکتریکی و هیبریدی به طور اجمالی بررسی گردیده است. در ادامه انواع خودروهای برقی(EV) معرفی شد و ساختار کلی هر یک به همراه مشخصات فنی عمومی آنها توضیح داده شد. هزینه سوخت مصرفی و قیمت تمام شده تولید خودروهای الکتریکی و هیبریدی نسبت به خودروهای بنزینی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد در زمینه هزینه سوخت مصرفی با استفاده از خودروهای الکتریکی و هیبریدی صرفه جویی قابل توجهی انجام می شود. از طرف دیگر با ارزیابی پژوهش صورت گرفته، می توان نتیجه گرفت با این که هزینه مالی اولیه تولید خودروهای الکتریکی نسبت به خودروهای احتراق داخلی به دلیل فقدان فرصت و امکان تولید انبوه آن بیشتر

www.SID.ir

است. ولی هزینه مالی تولید خودروهای الکتریکی با افزایش حجم تولید، کاهش خواهد یافت. خودروهای الکتریکی، مطمئن تر و نیازمند حفظ و نگهداری کمتری هستند و همین موضوع آن را نسبت به خودروی احتراقی مناسب تر نشان میدهد.

در ادامه تاثیرات زیست محیطی خودروهای الکتریکی و هیبریدی در مقایسه با خودرو های بنزینی بررسی شد. با افزایش جمعیت و گسترش شهرها، تولید گازهای گلخانه ای خطرناک و مصرف منابع انرژی جهان به یک مشکل جدی تبدیل شده است. به خصوص انتشار CO_2 که می تواند بر ثبات آب و هوایی سیاره زمین نیز تأثیرگذار باشد. لذا جهان امروزه چاره ای جز حرکت به سمت تولید علم و فناوریهای سازگار با محیط زیست ندارد، و تولید سوختهای پاک برای جایگزینی با سوختهای فسیلی، استفاده از انرژیهای نو و تولید خودروهای پاک از مهمترین محورهایی است که به کمک حل مشکلات زیست محیطی آمده است. از آنجائیکه بخش حمل و نقل به عنوان یکی از عمده ترین متقاضیان فرآورده های نفتی محسوب می شوند و روز به روز بر دارندگان خودروهای شخصی نیز افزوده می گردد، لذا خودروسازان به سمت تغییر در ساختار خودروهای تولیدی گرایش یافتند و خوروهایی با ساختارها و منابع سوخت متفاوتی را طراحی و به بازار عرضه کردند. از جمله مهمترین آنها خودروهای هیبریدی است، این قبیل خودروها از طریق کاهش مصرف سوخت و تولید میزان کمتری از دی اکسید کربن، NO_X و ذرات معلق و حتی تولید گازهای سبز اثر بسیار مثبتی بر روی محیط زیست دارند. بنابراین انتظار می رود با ورود سیستم های محرکه هیبریدی و گسترش آنها در چند سال آینده و همینطور در صورت امکان اجرای سناریوها و روشهای جدید، به میزان قابل توجهی آلودگی صوتی و آلودگی هوا در کلانشهرها کاهش یابد. البته خودروهای هیبریدی نیز همانند هر کالای تولیدی دیگری می توانند دارای معایبی باشد که بررسی و مطالعه جداگانه ای را می طلبد.

منابع

۱. ترازنامه انرژی، وزارت نیرو (۱۳۸۸). قابل دانلود از: https://b2n.ir/372463

۲. سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری زیرساخت خودرو برقی (۱۳۹۴). قابل دانلود از: https://b2n.ir/046385

۳. مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری، ارزیابی سیاست افزایش تعرفه خودروهای سواری با تأکید بر خودروهای هیبریدی، (۱۳۹۶). قابل دانلود از: https://b2n.ir/843270

۴. ناظمان، حمید.، حقدوست، احسان (۱۳۹۱). بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از خودروهای برقی- بنزینی (الکتروهیبرید)، فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران. سال اول، ماره ۴. صفحه ۱۶۹-۱۹۶.

۵. وفایی، ندا.، نیرومند، مهدی.(۱۳۹۳)، استراتژی کنترل و مدیریت مؤثر انرژی در خودروهای هیبریدی ـ الکتریکی پیل سوختی، همایش ملی مهندسی برق، مخابرات و توسعه پایدار

6. Cerovsky, Z and Mindle, P. (2008). Hybrid electric cars, Combustion Engine driven cars and their impact on Environment, International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, IEEE, 739-743.
7. IEA (2011), Technology Roadmap - Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles, IEA, Paris: https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-electric-and-plug-in-hybrid-electric-vehicles
8. Ryssel, H. (2011). ELECTRIC CARS. German Winter Academy.
9. World Population Prospects, (2019). Available in: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf

www.SID.ir