



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

شماره مجوز مجله : ۸۰۴۰۰

زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵

خودروهای هیبریدی و محیط زیست؛ با تأکید بر آلودگی هوا

الهام نور محمد، حسن اسماعیل زاده

۱- دانشجوی دکتری فن آوریهای محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی تهران

۲- عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی و استادیار پژوهشکده علوم محیطی

چکیده

در چند دهه اخیر رشد جمعیت، افزایش شهرنشینی و تقاضا برای حمل و نقل، موجب ظهور وسیع خودروها و به تبع آن ایجاد اثرات ناخواسته و مشکلاتی چون ترافیک، افزایش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای که محرک تخریب محیط زیست و بیماری‌های متعددی هستند، گردیده است. از آنجایی که خودروهای درونسوز علاوه بر آلاینده‌های گازی، تولید ریز گرد و آلودگی صوتی نیز دارند، و به سبب محدودیت‌های سوخت‌های فسیلی، کارخانه‌های خودروسازی گام‌های مهمی در مقابله با این امر برداشته‌اند که از جمله مهم‌ترین آنها تولید خودروهای هیبریدی است. بازده بالا، آلاینده‌های کم، مسافت قابل پیمایش، ایمنی مطلوب و ... از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های حائز اهمیت این دسته از خودروهاست. بنابراین با توجه به شرایط زیست محیطی ایران و افزایش روزافزون آلودگی هوا و گازهای گلخانه‌ای، بررسی خودروهای هیبریدی و اثرات آنها بر آلودگی‌های زیست محیطی، امری اجتناب‌ناپذیر است. در این راستا در پژوهش حاضر تلاش گردید تا بر اساس ادبیات تحقیق، مهم‌ترین تمایزات بین خودروهای هیبریدی و سایر خودروها، همچنین تأثیراتشان بر محیط زیست مورد بررسی قرار گیرند. نتایج پژوهش نشان داد که با استفاده از اتومبیل‌های هیبریدی، میزان آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای و سایر مخرب‌های محیط زیست تا حد قابل توجهی کاهش خواهند یافت.

کلمات کلیدی: خودرو هیبریدی، آلودگی هوا، محیط زیست

۱- مقدمه

انتشار روزافزون گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی، آلودگی هوا و دیگر تخریب‌های زیست محیطی، کشورها را بر آن داشته است که سیاست‌هایی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در پیش گرفته و اعمال کنند. چراکه هزینه‌های جانی و مالی آلودگی هوا بسیار بیشتر از میزانی است که افراد متصور میشوند. مطابق آخرین گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، هزینه‌های اقتصادی ناشی از آلودگی هوا در برخی از کشورها به یک چهارم کل تولید ناخالص ملی رسیده است (WHO, 2015). همچنین آلودگی هوا یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر سلامت و مهم‌ترین عامل خطر برای سلامت انسان است (Landrigan et al., 2018). بر این اساس در نتایج بیست و یکمین اجلاس جهانی آب و هوا در پاریس، بر حل مشکل آلودگی هوا در شهرهای بزرگ و کند کردن روند تغییرات آب و هوایی در این سیاره تأکید شده است (Williamson, 201). آلودگی هوا سهم قابل توجهی در بیماری‌های غیرواگیر دارد و پس از استعمال دخانیات، دومین عامل اصلی مرگ‌های ناشی از بیماری‌های غیرواگیر محسوب میشود که با افزایش ریسک ابتلا به بیماری‌های حاد و مزمن و مرگ در ارتباط است. و این در حالیست که مقادیر غلظت آلاینده‌های هوای آزاد، در حدود ۹۷ درصد از شهرهای با جمعیت بیش از ۱۰۰ هزار نفر در



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

کشورهای با درآمد کم و متوسط، از حد مجاز راهنمای سازمان جهانی بهداشت بالاتر است (WHO, 2018). در ایران نیز تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز و آلودگی هوا ۷۵ هزار مورد بوده است که از این بین حدود ۶۰ هزار مورد مرگ ناشی از پنج علت اصلی (بیماری ایسکمیک قلبی، سکتة های مغزی، بیماری انسداد مزمن ریوی، سرطان ریه و عفونت دستگاه تنفسی تحتانی) است که معادل ۸۰ درصد کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز است (Burnett et al., 2018). حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد از تولید آلاینده‌های هوا در شهرها به ویژه کلان‌شهرها چه در ایران و چه در جهان، مربوط به بخش حمل و نقل شهری (ایسنا، ۱۳۹۵) و ناشی از گازهای آلاینده خروجی از آگزوز وسایل نقلیه موتوری هستند؛ گازهایی که عناصر فلزات سنگین، مواد آروماتیک و ترکیبات شیمیایی کشنده را نیز با خود حمل می‌کنند. علاوه بر این آلودگی صوتی ناشی از فعالیت هزاران موتور وسایل نقلیه در کلان شهرها، آسیب جبران ناپذیری به سلامت روحی و روانی شهروندان می‌زند که به نوبه خود در کاهش سن امید به زندگی آنها مؤثر است (نظرپور و همکاران، ۱۳۹۵).

لذا امروزه سیاستهای زیست محیطی توجه خاصی به بخش حمل و نقل دارند (منظور و صفاکیش، ۱۳۹۰). بویژه آنکه با روند کنونی پیشرفت جوامع در حال توسعه اینگونه برآورد میشود که تعداد خودروها در دهه های آتی تا حدود ۵ برابر افزایش یابد (Williamson, 2013). بنابراین، نیاز به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای، مسائل آلودگی هوا در حجم گسترده و آلودگیهای صوتی، از جمله مهم ترین دلایل تغییر نگرش در زمینه ی حمل و نقل است. بدین جهت امروزه محققان توجه بیشتری به حمل و نقل پایدار (سبز) نموده و در تلاش برای بهبود حرکات دراز مدت با نظارت بر تولید خودرو، کاهش مصرف سوخت های فسیلی و معرفی منابع جایگزین انرژی جدید هستند (ذوقی و همکاران، ۱۳۹۶). این موضوع ذاتاً مستلزم جایگزینی فناوری های انرژی بر موجود در اقتصاد، با فناوری های پاک است، فناوریهایی که با کاهش مصرف سوخت هیدروکربن توسط خودروها و بهبود طراحی موتورهای احتراق داخلی، گسترش تولید خودروهای هیبریدی و اتومبیلهای برقی در ارتباط است (Kapustin and Rakov, 2017). از اینرو با توجه به اهمیت موضوع، پژوهش حاضر با هدف تبیین تاثیرات خودروهای هیبریدی بر محیط زیست و کاهش آلاینده ها انجام شده است .

۲- پیشینه و مبانی نظری

تحقیق مطالعات متعددی در خصوص خودروهای هیبریدی انجام شده است؛ اما با توجه به هدف پژوهش حاضر که بررسی خودروهای هیبریدی و تاثیرات آنها بر محیط زیست است، صرفاً پژوهشهایی که به این موضوعات پرداخته اند مدنظر قرار گرفته اند :

هاشمی مقدم و جلیلی (۱۳۹۷) در تحقیقی با عنوان "مروری بر انواع خودروهای هیبریدی و بررسی معایب و مزایای آنها" ادعان نمودند که برخلاف پیشرفت گسترده موتورهای احتراق داخلی، سوخت ها و تجهیزات کاهنده انتشار آلایندهی خودروها، همچنان آلودگی هوا در مناطق شهری در اثر ازدیاد تعداد خودروها و سفرهای درون شهری تحت تاثیر انتشار منابع متحرک است. همراه با پیشرفت جهانی در قرن بیست و یکم، افزایش قابل ملاحظه ای در مصرف نفت و گاز به وجود آمد که در نهایت منجر به بروز مشکلاتی از قبیل گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی، کمبود نفت و... شد. این دلایل باعث شدند کمپانی های خوروسازی شروع به انجام تحقیقات برای قابل استفاده کردن تکنولوژی هیبریدی در زندگی روزمره کردند. بر اساس اهمیت این موضوع برخی از قسمت های مهم خودروهای هیبریدی از جمله انواع موتور هیبریدی بررسی شد. در نهایت مشخص شد که هر نوع خودروی هیبریدی مزایا و معایب مربوط به خود را دارا می باشد و امروزه به دلیل آلایندهی کمتر این خودروها، تلاش برای کم کردن معایب آن ها به اوج سرعتش رسیده است. امروزه تکنولوژی هیبریدی سری دارای بیشترین راندمان است و بیشتر پژوهش ها پیرامون آن ها انجام می شوند.

نظرپور و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه ای با نام "پیامدهای استفاده از خودروهای هیبریدی و الکتریکی در مدیریت شهری" ادعان داشتند که امروزه شهرها در معرض چالشهای متعددی نظیر آلودگی هوا، آلودگی صوتی، تراکم ترافیکی، استرس و ... قرار گرفته اند و این امر کیفیت زندگی انسانها و کیفیت محیطی را تحت تاثیر قرار میدهند. تراکم ترافیکی در شهرها دارای



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

اثرات اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی می باشند و از طرف دیگر اجتماع، اقتصاد و اکولوژی سه رکن توسعه پایدار هستند. آلودگی هوا و آلودگی صوتی مهمترین مشکل محیطی کلان شهرها می باشد که اصلی ترین علت آن وسایل نقلیه موتوری است. پایین بودن قیمت سوخت، کیفیت پایین بنزین، تعداد زیاد خودروهای فرسوده، قیمت بسیار بالای خودروها، موقعیت جغرافیایی شهر، وابستگی زیاد ساکنان به اتومبیل، عدم اجرای صحیح قوانین رانندگی و ترافیکی و نبود مدیریت هماهنگ شهری مهمترین عواملی هستند که باعث شده در حال حاضر یک سیستم حمل و نقل ناپایدار در کلانشهرها به کار گرفته شود. بخشی از این مشکلات را میتوان با جایگزین کردن خودروهای هیبریدی و الکتریکی حل کرد که با مدیریت شهری هوشمندانه میتوان بیشتر از نیمی از آلودگی کلان شهر را از بین برد. ذوقی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی تحت عنوان "شناسایی و ارزیابی عوامل موثر در افزایش خودروهای هیبریدی به منظور کاهش آلودگی های زیست محیطی در شهر تهران" بیان کردند که امروزه با توجه به آلودگی های ناشی از خودروها و نیز محدودیت های سوخت های فسیلی، کارخانه های خودروسازی گام مهمی در مقابله با این امر برداشته اند که از جمله مهم ترین آنها می توان به تولید خودروهای هیبریدی اشاره کرد. بازده بالا، آلاینده گی کم، مسافت قابل پیمایش بالا، ایمنی مطلوب و ... از جمله مهمترین ویژگی های حائز اهمیت این دسته از خودروهاست. لذا بسیاری از خودروسازان بزرگ مبادرت به تولید این خودروها در سطحی گسترده و جهانی نموده اند؛ اما علی رغم مزایای بیشمار، این خودروها در مقایسه با سایر خودروهای غیر هیبریدی، تنها سهمی کمتر از ۳٪ از بازار خودرو را به خود اختصاص داده اند و نتوانسته اند به جایگاه مطلوبی در بازار دست یابند. لذا با توجه به شرایط زیست محیطی ایران و افزایش روز افزون آلودگی هوا و گازهای گلخانه ای، شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر توسعه خودروهای هیبریدی به منظور کاهش آلودگی های زیست محیطی، امری حائز اهمیت است. نتایج پژوهش نشان داد مالیات اضافی به سوخت های فسیلی، کاهش و یا حذف مالیات از خریداران خودروهای هیبریدی و ارائه کمک هزینه به خریداران خودروهای هیبریدی می تواند بر توسعه خودروهای هیبریدی اثرگذار باشد. جاشویی (۱۳۹۴) در تحقیقی با نام "ارزیابی دو عامل اقتصادی و زیست محیطی در تولید خودروهای هیبریدی در ایران" صنعت حمل و نقل و ترابری را بعنوان یکی از صنایعی که همواره مورد توجه متخصصین و صنعت گران بوده است، معرفی کرد. تحقیق وی بر اساس هدف از نوع کاربردی و از بُعد ماهیت و روش یک تحقیق توصیف تحلیلی بوده و در اجرا به تحلیل و توصیف و بررسی ارزیابی عوامل از دیدگاه متخصصین (اساتید دانشگاه، دانشجو و شاغلین در صنعت) و افراد عادی در شهر شیراز پرداخته است. روش نمونه گیری پژوهش بصورت نمونه گیری تصادفی ساده و حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران محاسبه گردیده که برای افراد متخصص تعداد حجم نمونه مورد مطالعه ۱۵۰ نفر در نظر گرفته شده است و برای افراد عادی حجم نمونه مورد مطالعه ۴۰۰ نفر در نظر گرفته شده است. برای فرض نرمال بودن متغیرهای مورد مطالعه، آزمون تی تک نمونه ای و برای رتبه بندی عوامل آزمون فریدمن صورت گرفته که از دیدگاه متخصصین میانگین تاثیرگذاری عوامل اقتصادی ۲/۷۸ و عوامل زیست محیطی ۳/۷۹؛ و از دیدگاه افراد عادی میانگین تاثیرگذاری عوامل اقتصادی ۲/۵۵ و عوامل زیست محیطی ۲/۶۹؛ بر روی تولید خودروهای هیبریدی خورشیدی می باشد. وثوق و داوودی (۱۳۹۴) در مطالعه ای با نام "بررسی عوامل مؤثر بر استفاده از خودروهای هیبریدی" عنوان کرد که در سال های اخیر افزایش تقاضای حمل و نقل، سبب افزایش روزافزون مصرف انرژی، آلودگی هوا، گرم شدن کره زمین و در نهایت ایجاد مشکلات زیست محیطی فراوان شده است. بنابراین به بررسی جایگزینی خودروهای معمولی با خودروهای هیبریدی، به عنوان راهکاری در جهت کاهش مصرف انرژی در حمل و نقل پرداخت. در مطالعه آنها، جایگزینی خودروهای معمولی با خودروهای هیبریدی، به عنوان راهکاری در جهت کاهش مصرف انرژی در حمل و نقل بررسی می شود. در این راستا از اطلاعات به دست آمده از پرسش نامه هایی که به همین منظور طراحی شدند، استفاده شد. در این پرسش نامه ها طرح های تشویقی مختلف برای استفاده از خودروهای هیبریدی به جای خودروهای معمولی به افراد پیشنهاد شد. سپس داده های جمع آوری شده دسته بندی شده و مهم ترین ویژگی ها در تمایل افراد به استفاده از خودروهای هیبریدی شناسایی شده است. نتایج نشان می دهد که مقدار گارانتی که در ازای خودرو هیبریدی در اختیار افراد قرار می گیرد، یکی از مهم ترین عوامل در تصمیم گیری برای خرید خودرو هیبریدی است. به این ترتیب می توان سیاست گذاری های هدفمندانه انجام داد و به دنبال آن میزان صرفه جویی در مصرف



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

سوخت را نیز کاهش داد. در نتایج پژوهش ناظران و حقدوست (۱۳۹۱) با نام "بررسی امکان صرفه جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از خودروهای هیبریدی" عنوان شده است که در سالهای اخیر بنزین مصرفی بطور قابل ملاحظه ای بیش از ظرفیت پالایش داخلی شده است و لذا هزینه واردات بنزین سهم نسبتاً مهمی از بودجه دولت را به خود اختصاص می دهد. افزایش جمعیت شهری، اقبال عمومی استفاده از خودروهای شخصی و عرضه بنزین به قیمت یارانه ای از عوامل تعیین کننده این پدیده هستند. علاوه بر تحمیل هزینه های فزاینده به اقتصاد کشور، با ایجاد آلودگی بیش از حد هوا در مناطق شهری لطمات جبران ناپذیری بر سلامت شهروندان وارد می کنند. لذا کاربرد خودروهای دوسوخته برقی-بنزینی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که استفاده از خودروهای هیبریدی در حمل و نقل شهری، از نظر اقتصادی توجیه پذیر بوده و می تواند دارای منافع قابل ملاحظه ای به صورت محدود شدن مصرف بنزین و کاهش آلودگی هوا باشد. (Kapustin & Rakov, 2017) در مطالعه ای با نام "روش شناسی برای ارزیابی تأثیر خودروهای هیبریدی بر راندمان اقتصادی و ایمنی محیط زیست" دریافتند که استفاده از خودروهای هیبریدی تا حد قابل توجهی میزان آلودگی های زیست محیطی را کاهش می دهد اما بر افزایش راندمان اقتصادی، چندان موثر نیست. در ارزیابی از ایمنی زیست محیطی اتومبیل، اول از همه باید توجه عمده ای به انتشار آلاینده ها در مرحله تولید و تأثیر بر گرم شدن کره زمین داشت. انتشار سمی حاوی CO و NOX که به سلامتی انسان آسیب می رساند با استفاده از اتومبیل های هیبریدی و گازی تا حد قابل توجهی کاهش می یابد. با توجه به مؤلفه اقتصادی، با انتخاب خودروهای هیبریدی ساخته شده در روسیه، هزینه عملیات حمل و نقل را می توان ۴۰٪ کاهش داد. اما بهره برداری از اتومبیل های هیبریدی که از کشورهای دیگر به روسیه تحویل داده می شوند، در حال حاضر فایده اقتصادی ندارد و حتی هزینه عملیات حمل و نقل را نیز افزایش می دهد (Diamond, 2009). در پژوهشی با نام "تأثیر مشوق های دولت برای وسایل نقلیه هیبریدی برقی: شواهدی از ایالات آمریکا" به بررسی تأثیر سیاست های مشوق های دولت برای ترویج وسایل نقلیه هیبریدی-برقی (HEVs) پرداخته است. نتایج تجزیه و تحلیل ها حاکی از وجود رابطه قوی بین قیمت بنزین و پذیرش ترکیبی است، اما رابطه بسیار ضعیف تر بین سیاست های تشویقی و تصویب ترکیبی است. به نظر می رسد مشوق هایی که پرداخت های مقدماتی را نیز ارائه می دهند، مؤثرترین هستند (Cerovsky & Mindl, 2008). در مطالعه ای با نام "اتومبیل های برقی هیبریدی، موتورهای احتراق و تأثیر آنها بر محیط زیست" دریافتند که فناوری اتومبیل های هیبریدی می تواند باعث کاهش مصرف سوخت و تولید گازهای گلخانه ای شود. تولید گازهای گلخانه ای خطرناک و مصرف منابع انرژی جهان به یک مشکل جدی تبدیل شده است. به خصوص انتشار CO2 می تواند بر ثبات آب و هوایی سیاره زمین تأثیرگذار باشد. تجارت اتومبیل نقش بسیاری در این زمینه دارد. اما فناوری خودرو امکان بهبود دارد. وسایل نقلیه برقی و هیبریدی می توانند به کاهش مصرف سوخت، کاهش تولید CO2 و حتی تولید گازهای سبز کمک کنند.

۳. محیط زیست و آلودگی

محیط زیست یکی از ارکان بسیار مهم حیات و توسعه محسوب می شود زیرا نقش های متعددی را برای ایجاد تعادل، در مولفه های مختلف حیات ایفا می نماید. اما هم اکنون این مولفه بدلائل مختلف بطور آزاد و نامحدود مورد بهره برداری قرار گرفته که نتیجه آن تخریب محیط زیست و ایجاد آلودگیهای مختلف در این حوزه است. از جمله عوامل تاثیرگذار بر این حیطة، بخش حمل و نقل است، این بخش سریع ترین، رشد را در تقاضای انرژی داشته و این امر چه از نظر اقتصادی و چه به لحاظ آلودگی هوا مشکلات زیادی را برای کشورهای صنعتی و کشورهای در حال توسعه ایجاد کرده است (Perkins, 2011). آلودگی ناشی از حمل و نقل وسایل نقلیه به شکل گازهای خروجی از اگزوز، ذرات معلق، صدا و... می باشند. آلودگی ناشی از حمل و نقل به علت شهرسازی بی رویه و سریع به اندازه آلودگی صنعتی مهم و از اهمیت زیادی برخوردار بوده است. زمانی که شهرها توسعه می یابند تقاضا برای زیرساخت های شهری، حمل و نقل و مصرف منابع فردی افزایش می یابد در نتیجه مسائل مربوط به مصرف مانند مصرف انرژی و انتشار آلودگی برجسته می گردند. افزایش شدت شهرنشینی به ترافیک متراکم، ازدحام بیش از حد و آلودگی بیشتر هوا منجر می شود. تراکم جمعیت و فعالیت های اقتصادی تقاضاهای جدیدی



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

را برای خدمات حمل و نقل و منابع ایجاد می کند. افزایش تراکم جمعیت و نیروی کار در مناطق شهری نیازهای سیستم حمل و نقل را افزایش می دهند (فطرس و فتحي، ۱۳۹۰). در جدول (۱) اطلاعات مربوط به انتشار آلاینده های زیست محیطی و گازهای گلخانه ای در بخش حمل و نقل کشور به صورت خلاصه ارائه شده است.

جدول (۱) سهم بخش حمل و نقل در انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای

سال	NOx	SO2	CO2	SO3	CO	CH4	SPM	N2O
۱۳۸۶	۶۱.۲۶	۲۸.۱۲	۲۳.۴۶	۳۰.۰۷	۹۸.۵۲	۷۵.۵۵	۷۷.۷۲	۴۸.۴۴
۱۳۸۷	۴۸.۹	۲۶.۲	۲۳.۴	۲۹.۶	۹۶.۸	۷۶.۵	۷۷.۶	۴۸.۲
۱۳۸۸	۴۹.۶	۳۲.۴	۲۴.۹	۳۸.۹	۹۶.۹	۷۸.۷	۷۸.۱	۴۸
۱۳۸۹	۴۸.۳	۲۸.۷	۲۳.۴	۳۰.۶	۹۶.۸	۷۹.۷	۸۶.۸	۴۷.۹
۱۳۹۰	۴۷.۲	۲۸.۸	۲۳.۱	۳۳.۹	۹۷.۱	۷۹.۷	۷۸.۳	۵۰.۴
۱۳۹۱	۴۸.۱۲	۲۵.۸۳	۲۳.۴۹	۳۱.۷۳	۹۷.۲۲	۸۰.۰۴	۷۸.۴۸	۵۱.۰۸
۱۳۹۲	۴۷.۷۳	۲۵.۹۲	۲۳.۱۵	۳۱.۳	۹۷.۳۸	۷۹.۴۶	۷۷.۹۴	۵۱.۵۸
۱۳۹۳	۴۹.۷۴	۳۹.۷۲	۲۴.۹۳	۴۷.۶۸	۹۷.۲	۸۰.۶۸	۷۹.۷۶	۵۴.۸۴
۱۳۹۴	۴۹.۳۳	۴۹.۳۱	۲۵.۴۲	۶۹.۲۶	۹۷.۴۷	۸۱.۶۴	۷۹.۱	۵۶.۷۲
۱۳۹۵	۴۸.۳۱	۴۵.۶	۲۳.۷۵	۴۸.۷۹	۹۷.۵۳	۸۲.۸۱	۷۹.۰۶	۶۱.۱۸
۱۳۹۶	۴۹.۳۲	۴۹.۱۹	۲۴.۱۸	۵۱.۶۵	۹۷.۸۰	۸۳.۵۰	۸۰.۸۰	۶۰.۲۳

منبع: مرکز ملی آمار ایران، ۱۳۹۹

بنابراین حفظ محیط زیست، مستلزم جایگزینی فناوری های موجود با فناوریهای پاک و جدید است و همین امر زمینه تغییر و تحولات در سیستم حمل و نقل و بالاخص وسایل نقلیه موجود را مطرح نمود.

۴. پیشینه ظهور تغییرات در وسایل نقلیه

با اختراع موتور احتراق داخلی توسط نیکلاس اتوا^۱، در زمینه خودروسازی انقلابی رخ داد. سپس، بنزین و دیزل منبع اصلی سوخت این وسایل نقلیه شدند، و تجاری سازی آن سرعت شکل گرفت. همانطور که جهان قرن بیستم را پشت سر گذاشت، پیشرفت های بسیاری برای کارآمدتر شدن و مقرون به صرفه بودن این فناوری رخ داد. از آنجائیکه هر فناوری جنبه مثبت و منفی خود را دارد، با افزایش وسایل نقلیه میزان مونوکسید کربن (CO) و دی اکسید کربن (CO₂) به طور ناگهانی در ابتدای قرن بیست و یکم در سطح خطرناکی افزایش یافت (Mi, et al., 2011). این امر به دلیل گرم شدن کره زمین، مسائل مربوط به سلامتی و غیره تأثیرات منفی جبران ناپذیری بر اکوسیستم گذاشت. همین امر دانشمندان، محققان و سیاست گذاران را به تفکر درباره فناوری سبز یا فناوری که می تواند جلوی تأثیر منفی بر طبیعت را بگیرد (بویژه در بخش وسایل نقلیه) واداشت. فن آوری هایی که نظام خودروسازی را تغییر خواهند داد عبارتند از: خودروی الکتریکی، هیبریدی، خورشیدی ترکیبی، سلول سوختی هیدروژن و غیره (Prajapati et al., 2014) از این میان وسیله نقلیه هیبریدی به عنوان پیشرفته ترین فن آوری در نظر گرفته شده است.

¹ Nicolas Otto



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ابتدا خودروهای برقی به عنوان یک منبع موثر در حمل و نقل و سیستم قدرت در نظر گرفته شدند. با این حال، الکتریکی کردن بخش حمل و نقل چالشهای زیادی را به همراه داشت و نیازمند فرصتهای جدیدی برای برنامه ریزی و بهره برداری سیستم قدرت بود (El-Zonkoly, 2014). این خودروها به دلایل زیر جایگزین مناسبی برای خودروهای احتراقی نبودند:

- عدم امکان استفاده در مسافتهای طولانی
- نسبت توان به وزن کم
- حداکثر شتاب و سرعت کم
- طولانی بودن زمان شارژ باتری ها (Mi, et al., 2011)

در این راستا و به منظور حل مشکلات خودروهای الکتریکی، ایده استفاده از خودروهای هیبریدی مطرح شد.

۵. آشنایی با خودروهای هیبریدی

اولین خودرو هیبریدی در سال ۱۹۰۵ میلادی توسط یک مهندس آمریکایی به نام H.Piper ساخته شد که قادر بود طی ۱۰ ثانیه تا ۲۵ مایل (بیش از ۴۰ کیلومتر) شتاب بگیرد. موتور این خودرو ترکیبی از موتور بنزینی و موتور الکتریکی بود که امروزه به عنوان موتور هیبریدی شناخته می‌شود. وی ۳.۵ سال بعد، اختراع خود را ثبت نمود؛ اما پیشرفت سریع موتورهای احتراق داخلی با قدرت و گشتاور بالا در آن دوره، همچنین قابلیت استارت بدون هندل آنها و از همه مهمتر پایین بودن قیمت سوخت‌های فسیلی و مطرح نبودن آلودگی محیط‌زیست، سبب عدم توجه به این نوع خودروها شد؛ تا اینکه در پی بحران‌های نفتی سال‌های ۱۹۷۰ دوباره این خودروها مورد توجه قرار گرفتند ولی تا سال ۱۹۹۰ کار جدی و اصولی بر روی توسعه این خودرو صورت نگرفت (همشهری، ۱۳۹۵). از نیمه دوم دهه ۹۰ میلادی، خودروهای هیبریدی به بازار عرضه شدند و تا به امروز، تلاش‌های فراوانی برای کارآمدتر کردن سیستم عملکرد این نوع خودروها به منظور گسترش سهم فروش در بازار صورت گرفته است. خودروهای هیبریدی از ادغام دو یا چند پیشرانه انتقال تشکیل می‌شوند و به طور معمول با تلفیقی از موتور الکتریکی و موتور درون سوز طراحی و ساخته می‌شوند (Al-Alawi & Bradley, 2013) خودروهای هیبریدی، بر اساس نقش محرکه الکتریکی و احتراقی، در قالب چهار ساختار مختلف هیبرید موازی، هیبرید سری، هیبرید سری-موازی و هیبرید پیچیده معرفی ارائه می‌شوند (Chan, 2007) به منظور معرفی خودروهای هیبریدی، تقسیم بندی‌های دیگری نیز ارائه شده است. در این نوع تقسیم بندی، خودروهای هیبریدی بر اساس درجه هیبریداسیون به چهار نوع میکروهیبرید، هیبرید متوسط، تمام هیبرید و پلاگ - این تقسیم بندی می‌شوند (Pistoia, 2010).

انواع اصلی خودروهای هیبریدی در طبقات ذیل جای دارند:

الف) خودروی برقی هیبریدی (HEV): وسیله نقلیه الکتریکی هیبریدی نوعی از خوردوی هیبریدی است که سیستم محرکه موتورهای احتراق داخلی معمولی را با سیستم محرکه الکتریکی ترکیب می‌کند. یک خودرو با محرک مکانیکی شامل یک محفظه سوخت (محتوی سوخت‌های متداول مانند بنزین، دیزل، گاز فشرده)، موتور احتراقی جعبه دنده و سیستم انتقال به چرخ هاست. یک خودروی الکتریکی شامل باتری، یک موتور الکتریکی و وسایل تولید قدرت الکتریکی برای کنترل است. این طبقه خود به گروه‌های سری هیبریدی ۱، هیبریدی موازی ۲، سری هیبرید موازی ۳، سری هیبریدی سری-موازی ۴، ترکیبی پیچیده ۵ تقسیم می‌گردد (Perze, 2009).

¹ Series Hybrid

² Parallel Hybrid

³ Series-Parallel Hybrid

⁴ Series-Parallel Hybrid

⁵ Complex Hybrid



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

(ب) هیبریدی خورشیدی (HSV)

این فناوری تلفیقی از پنل های خودرو و فتوولتائیک است. به طور معمول، پنل های فتوولتائیک بر روی سقف وسایل نقلیه نصب می شوند. همچنین به چهار نوع طبقه بندی می شود: - هیبریدی سری، هیبریدی سری موازی و هیبریدی ترکیبی. در این میان، فناوری هیبرید سری بسیار کارآمد است و بیشترین تحقیقات نیز در این نوع انجام شده است.

(ج) هیبریدی اتصال به شبکه (PHEV)

یک وسیله نقلیه الکتریکی هیبریدی پلاگین مانند خودروهای الکتریکی هیبریدی (HEVs) است، اما دارای یک باتری بزرگتر است که هم توسط موتور بنزین خودرو و هم از وصل شدن به یک شبکه برق ۱۱۰ یا ۲۲۰ ولت برای چند ساعت در روز شارژ می شود. که در دو طبقه پلاگین هیبرید سری و پلاگین هیبرید موازی جای می گیرند (Prajapati et al., 2014)

مقایسه خودروهای هیبریدی با سایر خودروها

الف) میزان مصرف سوخت

خودروهای هیبریدی مصرف سوخت کمتری نسبت به خودروهای بنزینی دارند که در جدول شماره (۲) نشان داده است.

جدول (۲) مقایسه میان مصرف بنزین خودروهای موتور احتراق داخلی بنزینی با خودروهای هیبریدی

میزان مصرف	خودروی موتور احتراق داخلی بنزینی	خودروی هیبریدی
برای ۱۰۰ کیلومتر (خودروهای با حجم موتور زیر ۱۵۰۰ سی سی)	۵.۱۸ لیتر	۴.۴۰ لیتر
برای ۱۰۰ کیلومتر (خودروهای با حجم موتور بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ سی سی)	۶.۹ لیتر	۵.۲۶ لیتر
برای ۱۰۰ کیلومتر (خودروهای با حجم موتور بالای ۲۰۰ سی سی)	۷.۳۱ لیتر	۶.۲۲ لیتر

منبع: معاونت پژوهشهای زیربنایی و امور تولیدی مرکز پژوهشهای مجلس، ۱۳۹۵

به رغم اینکه میزان مصرف سوخت خودروهای هیبریدی نسبت به بنزینی پایین تر است اما میزان تفاوت آن حداکثر ۳۰ درصد است. با این وجود بدلیل بالا بودن میزان مصرف بنزین در تاکسیها و حمل و نقل عمومی، به کارگیری خودروهای هیبریدی در حمل و نقل عمومی منطقی است. به این موضوع در قانون هوای پاک نیز توجه شده است. طبق ماده ۹ قانون هوای پاک ۵، وزارت کشور موظف است با همکاری سایر دستگاهها، زمینه نوسازی ناوگان حمل و نقل عمومی شهری را از طریق کمک بلاعوض، یارانه، تسهیلات یا صفر نمودن سود بازرگانی واردات خودروهای هیبریدی، خودروهای الکتریکی و موتورسیکلت برقی به انجام رساند (مرکز بررسی های استراتژیک، ۱۳۹۶).

ب) میزان و نوع آلایندهی خودروها

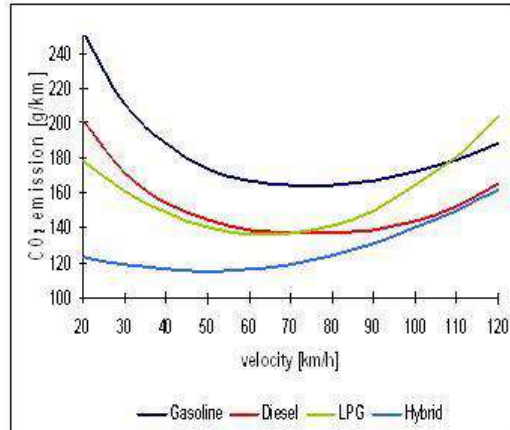
خودروهای هیبریدی در مقایسه با خودروهای غیرهیبریدی، گاز مونوکسید کربن (CO) کمتری تولید می کنند، به طوریکه اگر ۱۰۰۰ خودروی هیبریدی را با ۱۰۰۰ عدد خودروی غیرهیبریدی مقایسه کنیم، آلایندهی CO خودروهای هیبریدی به ازای طی کردن سالانه ۲۰۰۰۰ کیلومتر ۲۷۸۰ تن و برای خودروهای غیر از آن، ۴۳۴۰ تن است. اختلاف آلایندهی این دو مدل خودرو برابر ۱۵۶۰ تن میشود که تقریباً برابر با جرم خالص نزدیک به هزار دستگاه خودروی سواری است (مرکز بررسی های استراتژیک، ۱۳۹۶). تقریباً نیمی از کل تولید جهانی CO₂ را خودروها تولید می کنند، و این در حالیست که خودروهای هیبریدی، احتمال جدیدی را برای کاهش جهانی تولید CO₂ در جهان به وجود می آورند (Cerovsky and Mindl, 2008).



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

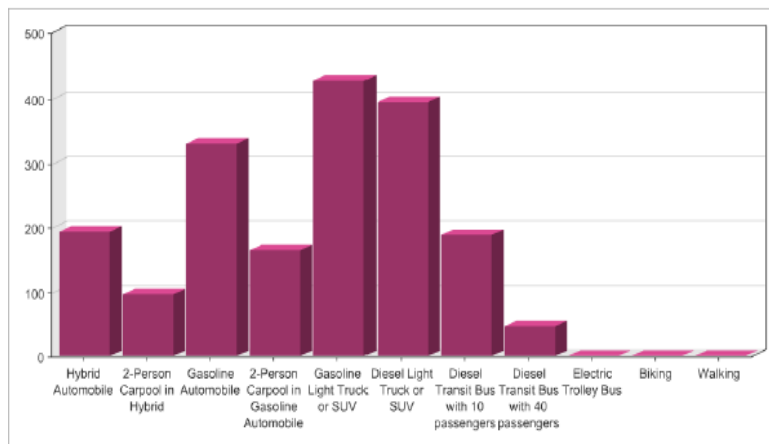


در نمودار شماره (۱)، خودروهای دیزلی، بنزینی، گاز سوز و هیبریدی به لحاظ میزان انتشار گاز CO_2 با یکدیگر مقایسه شده اند.



نمودار (۱): میزان تولید آلاینده CO_2 در خودروهای مختلف

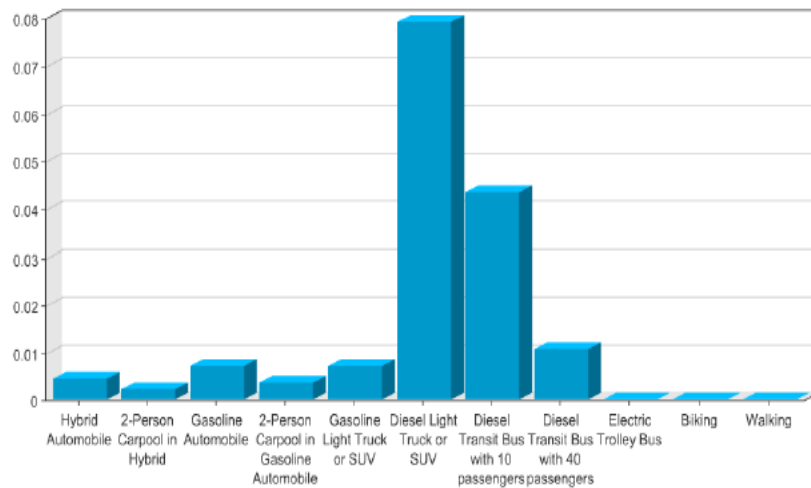
در نمودار (۲) خودروها به لحاظ میزان انتشار گازهای گلخانه ای و در نمودار (۳) برحسب انتشار ذرات معلق با یکدیگر مقایسه شده اند.



نمودار (۲): میزان انتشار گازهای گلخانه ای



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



نمودار (۳): میزان انتشار ذرات معلق بین خودروهای مختلف

خودروهای دیزلی، تولیدکننده 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 نمودار شماره (۳) حاصل میشود 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 هم‌رده 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 غیرهیبریدی 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، ۱۳۹۶).

مزایای استفاده از خودروهای هیبریدی

با بررسی مصارف مختلف انرژی در مقیاس جهانی، به وضوح دیده می شود که بیش از یک چهارم انرژی اولیه، در بخش حمل و نقل مورد استفاده قرار می گیرد. بخش حمل و نقل زمینی نیز، تقاضا کننده عمده فرآورده های نفتی بشمار می رود. در این میان لازم به یادآوری است که سهم فرآورده های نفتی، در تأمین انرژی مورد نیاز بخش حمل و نقل در سراسر دنیا، نزدیک به ۷۰ درصد است (ذوقی و همکاران، ۱۳۹۵). این امر، نشان از اهمیت بخش حمل و نقل در حوزه اقتصاد انرژی و محیط زیست را به خوبی نمایان می سازد. لذا این چنین به نظر می رسد که توسعه تکنولوژی های نوین مانند پیل سوختی، خودروهای الکتروهیبریدی، موتورهای الکتریکی و استفاده از سوخت های جایگزین و کاربرد این قبیل فناوری ها در صنعت خودروسازی و حمل و نقل، اثرات گسترده ای بر ساختار بازار انرژی و به تبع آن مسائل اقتصادی و سیاسی مرتبط با آن می تواند داشته باشد. بهره مندی از این قبیل تکنولوژی ها، همچنین می تواند بر الگوی تولید و مصرف انرژی اثرگذار باشد و موجب ایجاد تغییراتی در رفتارهای اجتماعی و شیوه زندگی انسان ها گردد (ناظمان و حقدوست، ۱۳۹۱).

۶. رویکردهای مرتبط با محیط زیست

پایداری:

پایداری اساساً به معنی ثبات تعادل در طول زمان است. تعادل تنها در صورتی می تواند حاصل شود که تمام نیروهای بر هم زننده تعادل حذف شوند، یا نیروهای مخالف بر خنثی کردن آن بپردازند. منظور از پایداری زیست محیطی، حفاظت محیط زیست برای بقای تمامی اجتماعات در نظامی عادلانه می باشد و نه نگهداشت وضع موجود، در مزیت‌های محیطی برای لذت



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

جوبی های اقلیتی از جهانیان (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۶). پایداری زیست محیطی، بعنوان زیربنای توسعه پایدار شناخته می شود. امروزه در شهرها وجود آلودگی های زیست محیطی از قبیل آلودگی آب و هوا، آلودگی صوتی، آلودگی بصری، تخریب منابع و بهره برداری نامطلوب آن نمودی از ناپایداری زیست محیطی می باشد (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۱). در مبحث پایداری، نوآوری پایدار نیز مطرح میگردد که به معنای توسعه اقتصادی، ایجاد ثروت در سطوح فردی و اجتماعی توأم با از بین بردن اثرات مضر زیست محیطی کسب و کار بر روی سلامت انسان و فرایندی است که در آن ملاحظات پایداری (زیست محیطی، اجتماعی، مالی) در نظام های سازمان ها و بنگاهها از تولید ایده تا تجاری سازی محصولات و در مدل کسب و کار و ارائه خدمات آنها مورد توجه قرار می گیرد. پایداری در نوآوری در چهار مرحله محقق می شود؛ بهبود تدریجی در محصولات موجود مطابق با نیاز کاربران رخ می دهد، باز طراحی محصولات موجود با هدف بهبود محصول و رعایت ملاحظات زیست محیطی، محصول جدید در راستای رفع نیازهای مصرف کنندگان جایگزین می شود و در مرحله آخر، طراحی محصول برای یک جامعه پایدار و شناخته شده انجام می گیرد.

رویکرد انطباق و سازگاری: توانایی موجود زنده برای سازگار کردن خود با شرایط پیرامونی که قابلیت بقاء او را افزایش می دهند، انطباق یا سازگاری گویند. از بین گونه های موجود زنده، هرگونه ای که انطباق بهتر و بیشتری با شرایط زیست-محیطی خود داشته باشد، شانس بالاتری برای اینکه در سلسله مراتب گونه های موجود زنده باقی بماند، داشته است. در زمینه نوآوری ها نیز نوآوری سازگار با محیط زیست، در واقع توسعه محصولات و فرآیندهایی هستند که به توسعه پایدار کمک می کنند. این نوآوری از توسعه فناوری های دوستدار محیط زیست تا نوآوری های مقبول جامعه در راستای پایداری را شامل می شود. بیشترین استفاده از عبارت نوآوری سازگار با محیط زیست برای اشاره به محصولات خلاقانه و فرآیندهایی است که میزان صدمات به محیط زیست را کاهش می دهد.

با توجه به ویژگیهای ذکر شده می توان اذعان نمود که خودروهای هیبریدی بواسطه کاهش تولید آلاینده های زیست محیطی (هوا، صوتی و...)، انطباق با محیط زیست و کاهش نیاز به سوختهای فسیلی در زمره نوآوریهای پایدار و سازگار با محیط زیست محسوب می گردند.

۷. نتیجه گیری

در حال حاضر مسائل محیط زیستی یکی از مهمترین مسائل مطرح در سطح جهانی و ملی در بسیاری از کشورهای دنیاست. داشتن اطلاعات کافی از وضعیت محیط زیست کشورها و بررسی روند تغییرات محیط زیستی یکی از موضوعات مورد توجه مجامع جهانی طی سالهای اخیر بوده است. 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 بعنوان 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، NOX 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.



ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

مراجع

۱. جاشوئی، علیرضا، ارزیابی دو عامل اقتصادی و زیست محیطی در تولید خودروهای هیبریدی خورشیدی در ایران، نخستین همایش بین المللی جامع محیط زیست، تهران، مرکز همایش های توسعه ایران، ۱۳۹۴.
۲. ذوقی، حسن؛ سعید طولابی و محمود طولابی، شناسایی و ارزیابی عوامل موثر در افزایش خودروهای هیبریدی به منظور کاهش آلودگی های زیست محیطی در شهر تهران، شانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک، ۱۳۹۵.
۳. فطرس، محمدحسن، و برزگر، حمیده، اثرات برخی متغیرهای کلان اقتصادی بر انتشار گاز دی اکسیدکربن در آسیای مرکزی و ایران ۱۹۹۵-۲۰۰۷، پژوهشنامه اقتصاد کلان، دوره ۸ شماره، ۱۶، ۱۵۸-۱۴۱، ۱۳۹۲.
۴. فیروزی، محمدعلی، محمدی ده چشمه، مصطفی و سعیدی، جعفر. (۱۳۹۶). ارزیابی شاخصهای پایداری زیست محیطی با تاکید بر آلودگی هوا و آلاینده های صنعتی، مطالعه موردی: کلان شهر اهواز. دو فصلنامه علمی- پژوهشی پژوهش های بومشناسی شهری، سال هشتم، شماره ۱، پیاپی ۱۵، ۱۳-۲۸، بهار و تابستان ۱۳۹۶.
۵. محمدی دهچشمه، مصطفی، ناپایداری زیست بوم شهری؛ چالشی جهانی در قرن بیست و یکم، اولین اجلاس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، وزارت کشور، تهران، ۱۳۹۱.
۶. مرکز آمار ملی ایران. قابل دسترس در:
<https://www.amar.org.ir> a
۷. ناظمان، حمید، حقدوست، احسان، بررسی امکان صرفه جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از خودروهای برقی - بنزینی (الکتروهیبریدی)، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول، شماره ۴، صص ۱۶۹-۱۹۶، ۱۳۹۱.
۸. نظریور، محسن؛ علیرضا جهانگیری و محمد جهانگیری پور، پیامدهای استفاده از خودروهای هیبریدی و الکتریکی در مدیریت شهری، چهارمین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۵.
۹. وثوق، شقایق سادات و حامد داودی، بررسی عوامل مؤثر بر استفاده از خودروهای هیبریدی، پانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک، ۱۳۹۴.
۱۰. هاشمی مقدم، سید سپهر و پیام جلیلی، مروری بر انواع خودروهای هیبریدی و بررسی معایب و مزایای آنها، دومین کنفرانس بین المللی فناوری های نوین در علوم، آمل، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، ۱۳۹۷.
۱۱. همشهری آنلاین، آشنایی با خودروهای هیبریدی، قابل دسترس در:

12. <https://www.hamshahrionline.ir/news/357898/>

13. Al-Alawi, B. M. & Bradley, T. H. (2013). *Review of hybrid, plug-in hybrid, and electric vehicle market modeling studies*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, 190-195.
14. Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, et al. (2018). *Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter*, Proceedings of the National Academy of Sciences. 115(38):9592-97.
15. Cerovsky & 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, 2008. IEEE, 739-743
16. Chan, C. C. (2007). The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles. Proceedings of the IEEE, 95 (4), 704-718.



17. Diamond, D. (2009). *The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles: Evidence from US states*, Energy Policy, 37(3), 972-983.
18. El-Zonkoly, A. (2014). *Intelligent energy management of optimally located renewable energy systems incorporating PHEV*, Energy Conversion and Management, 84 , 427- 435.
19. Kang, H. (2007). *An Analysis of Hybrid-Electric Vehicles as the car of the Future* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
20. Kapustin, A. & Rakov, V. (2017). *Methodology to evaluate the impact of hybrid cars engine type on their economic efficiency and environmental safety*, Transportation Research Procedia, 20, 247-253.
21. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJ, Adeyi O, Arnold R, Baldé AB, et al. *The Lancet Commission on pollution and health*, The Lancet. 2018;391(10119):462- 512.
22. Madzharov, D. Delarue, E. & D'haeseleer, W. (2014). *Integrating electric vehicles as flexible load in unit commitment modeling*, Energy, 65, 285-294.
23. Mi, C. Masrur, M. A. & Gao, D. W. (2011). *Hybrid electric vehicles: principles and applications with practical perspectives*, John Wiley & Sons.
24. Organization, W.H., *Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth*, World Health Organization, 2015. 2.
25. Perkins, S. (2011). *Green Growth and Transport*, International Transport Forum at the OECD, Paris.
26. Pistoia, G. (Ed). (2010). *Electric and hybrid vehicles: Power sources, models, sustainability, infrastructure and the market*, Elsevier.
27. Prajapati, K.C, Patel, R., and Sagar, S. (2014). *Hybrid Vehicle: A Study on Technology*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol. 3 Issue 12, December-2014
28. WHO. *Ambient (outdoor) air quality and health*, World Health Organization; 2018 [cited 2019 Feb 9]. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-andhealth](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-andhealth).
29. Williamson, S.S., *Energy management strategies for electric and plug-in hybrid electric vehicles*, 2013: Springer.