



## نقش خودروهای برقی در توسعه پایدار

### مشکات طاهری

دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش  
آلودگی محیط‌زیست دانشگاه تهران



### پیام فرجی بیرگانی

دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش  
آلودگی محیط‌زیست دانشگاه تهران



### کلمات کلیدی:

خودروهای برقی، پایداری محیط‌زیست،  
باتری‌های لیتیوم - یون، شبکه‌های  
شارژ، تغییرات اقلیمی.

### چکیده

خودروهای برقی به‌عنوان یک جایگزین پاک برای خودروهای بنزینی، در سال‌های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده‌اند. با وجود مزایای متعدد از جمله کاهش انتشار آلاینده‌ها و وابستگی کمتر به سوخت‌های فسیلی، همچنان سؤال‌آلاتی درباره پایداری واقعی این خودروها وجود دارد. این مقاله با بررسی تاریخچه، مزایا، معایب و آینده خودروهای برقی، به دنبال پاسخ به این پرسش است که آیا می‌توان خودروهای برقی را به‌عنوان گزینه‌ای پایدار برای آینده در نظر گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اگرچه خودروهای برقی پتانسیل بالایی برای کاهش آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی دارند، اما چالش‌هایی مانند هزینه بالای باتری‌ها، محدودیت در مسافت پیمایش و وابستگی به شبکه برق، نیازمند توجه جدی هستند.

خودروهای الکتریکی در حال تغییر چشم‌انداز حمل‌ونقل هستند و به‌عنوان جایگزینی پایدار برای خودروهای سوخت فسیلی، به دلیل مزایای محیط‌زیستی و اقتصادی مورد توجه قرار گرفته‌اند. در مواجهه با بحران تغییرات اقلیمی و نگرانی‌های روزافزون درباره آلودگی هوا، خودروهای الکتریکی به‌عنوان یک انتخاب پاک و سبز شناخته می‌شوند. این خودروها با استفاده از باتری‌های قابل شارژ و بدون تولید آلاینده‌های خروجی، گزینه‌ای دوست‌دار محیط‌زیست برای رانندگان محسوب می‌شوند. همچنین، خودروهای الکتریکی، هزینه‌های عملیاتی کم‌تری نسبت به خودروهای سوخت فسیلی دارند، سواری روان‌تری ارائه می‌دهند، و به دلیل داشتن گشتاور فوری، شتاب‌گیری بالاتری دارند. پیشرفت فناوری نیز باعث شده است که خودروهای الکتریکی از نظر قیمت و دسترسی، روزبه‌روز برای عموم مقرون به‌صرفه‌تر شوند.

### تقسیم‌بندی خودروهای الکتریکی

این خودروها شامل، خودروهای تمام الکتریکی که تنها با انرژی الکتریکی کار

## مزایای خودروهای الکتریکی

**۱. امنیت انرژی:** خودروهای الکتریکی به کاهش وابستگی به نفت وارداتی کمک می‌کنند و از منابع مختلفی مانند گاز طبیعی، زغال سنگ، انرژی هسته‌ای، بادی، خورشیدی و برق‌آبی برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند. این تنوع منابع تولید برق، امنیت انرژی را افزایش داده و باعث کاهش آسیب‌پذیری اقتصادی در برابر تغییرات قیمت نفت می‌شود. همچنین، خودروهای الکتریکی با کاهش مصرف نفت به توسعه اقتصاد داخلی کمک می‌کنند و این امر موجب تقویت امنیت انرژی ملی می‌شود.

**۲. کاهش هزینه‌ها:** هزینه انرژی مصرفی خودروهای الکتریکی به دلیل استفاده از برق، کمتر از خودروهای بنزینی مشابه است و با وجود قیمت اولیه بالاتر، هزینه‌ها در طول زمان جبران می‌شود. همچنین، دولت‌ها و برخی شرکت‌های تأمین انرژی، مشوق‌ها و اعتبارات مالیاتی ارائه می‌دهند که هزینه‌های اولیه خرید را کاهش می‌دهد. این مشوق‌ها شامل اعتبارات ویژه برای خودروهای پاک و نیز برنامه‌های تشویقی ایالتی است که به بهبود وضعیت اقتصادی دارندگان خودروهای الکتریکی کمک می‌کند.

**۳. کاهش مصرف سوخت:** خودروهای الکتریکی به دلیل استفاده از موتورهای الکتریکی و عدم نیاز به سوخت‌های فسیلی، بازده سوخت بسیار بالاتری دارند و در کاهش هزینه‌های سوخت به شدت مؤثر هستند. به عنوان مثال، خودروهای برقی می‌توانند با مصرف تنها ۲۵ تا ۴۰ کیلووات ساعت، ۱۰۰ مایل را طی کنند که از منظر بازده سوخت، بسیار مقرون به صرفه است. این مزیت به ویژه در خودروهای سبک و هیبریدی مشهود است که با مصرف کمتر انرژی، عملکرد بهتری دارند.

**۴. دردسترس بودن زیرساخت:** خودروهای الکتریکی از انعطاف‌پذیری شبکه برق بهره‌مند هستند و به راحتی در محل سکونت یا کار قابل شارژ هستند. ایستگاه‌های شارژ عمومی نیز در حال گسترش هستند و در سال ۲۰۲۳ به بیش از ۵۳۰۰۰ ایستگاه در ایالات متحده رسیده است که بیش از ۱۳۷۰۰۰ پورت شارژ را در دسترس قرار داده‌اند. با این حال، هنوز نیاز به گسترش بیشتر این زیرساخت‌ها وجود دارد تا تعداد ایستگاه‌های شارژ به اندازه پمپ‌بنزین‌ها گسترده شود.

**۵. کاهش آلاینده‌گی:** خودروهای الکتریکی، به خصوص خودروهای تمام الکتریکی، هیچ آلاینده‌گی از آگروز تولید نمی‌کنند و در صورت استفاده از منابع انرژی پاک برای شارژ، به کاهش آلاینده‌گی کلی کمک می‌کنند. به عنوان مثال، در مناطقی که از انرژی بادی یا خورشیدی استفاده می‌شود، مزایای زیست‌محیطی خودروهای الکتریکی قابل توجه است. این خودروها به کاهش گازهای گلخانه‌ای کمک کرده و در ایجاد هوای پاک‌تر و کاهش مشکلات محیط‌زیستی مؤثر هستند.

می‌کنند و خودروهای هیبریدی شارژی که ترکیبی از موتور الکتریکی و موتور احتراقی هستند. خودروهای تمام الکتریکی برای تأمین انرژی به باتری‌های لیتیوم - یونی تکیه دارند و با اتصال به ایستگاه‌های شارژ یا منبع برق معمولی، شارژ می‌شوند. خودروهای هیبریدی شارژی از باتری‌های بزرگ‌تر استفاده می‌کنند که امکان پیمایش بیشتر با انرژی الکتریکی را فراهم می‌کند و در صورت اتمام شارژ، به طور خودکار به موتور احتراقی یا حالت هیبریدی تغییر وضعیت می‌دهند. با رشد زیرساخت‌های شارژ و توسعه تکنولوژی، خودروهای الکتریکی به سرعت در حال تبدیل شدن به گزینه‌ای مناسب و پایدار برای حمل‌ونقل عمومی و شخصی در سراسر جهان هستند (Edwin Higginson, ۲۰۲۳).

## تاریخچه خودروهای الکتریکی

تاریخچه خودروهای الکتریکی به دهه ۱۸۹۰ بازمی‌گردد، زمانی که انگلستان و فرانسه به عنوان نخستین کشورها شروع به ساخت این وسایل نقلیه کردند. تا سال ۱۸۹۵، آمریکایی‌ها نیز به این فناوری علاقه نشان دادند و در سال ۱۸۹۷، اولین کاربرد تجاری آن‌ها با ناوگانی از تاکسی‌های الکتریکی در نیویورک آغاز شد. این خودروها به دلیل سرعت پایین، محدوده پیمایش محدود، و هزینه تولید بالا، عمدتاً برای طبقات بالای جامعه قابل دسترسی بودند. در اواخر دهه ۱۸۹۰ و اوایل ۱۹۰۰، خودروهای الکتریکی به دلیل نداشتن بو، ارتعاش و مشکلات تعویض دنده که در خودروهای بنزینی وجود داشت، محبوبیت بیشتری یافتند. این عوامل، همراه با توسعه محدود جاده‌ها، این وسایل نقلیه را به انتخابی مطلوب برای سفرهای کوتاه در شهر تبدیل کرده بود. با این حال، پیشرفت‌های بعدی در تولید انبوه خودروهای بنزینی و بهبود زیرساخت جاده‌ها موجب کاهش علاقه به خودروهای الکتریکی شد.



تصویر ۱- تصویری از اولین خودرو الکتریکی تولید شده



هر کیلووات ساعت باتری بین ۹۷ تا ۱۸۱ کیلووات ساعت تخمین زده شده است، که تأثیرات محیط زیستی تولید باتری را افزایش می‌دهد.

۳. پایداری تأمین مواد اولیه باتری: تأمین پایدار مواد معدنی مانند لیتیوم، کبالت و نیکل که برای تولید باتری حیاتی هستند، چالش برانگیز است؛ زیرا برخی از آن‌ها محدود به نواحی جغرافیایی خاص و کشورهای دارای ثبات سیاسی پایین هستند. نیاز روزافزون به این مواد، تنش‌های جغرافیایی - سیاسی را در زنجیره تأمین ایجاد کرده و نیاز به قوانین و همکاری‌های بین‌المللی را افزایش می‌دهد؛ از طرفی، تولید داخلی و متنوع‌سازی تأمین‌کنندگان برای کاهش وابستگی به یک منبع خاص از اهمیت زیادی برخوردار است.

۳. چالش‌های بازیافت و زباله‌های باتری: فرایندهای فعلی بازیافت باتری‌ها به طور کامل توان بازیافت همه مواد را ندارند و نیاز به توسعه فناوری‌های بازیافتی برای کاهش اثرات محیط‌زیستی دارند، استانداردسازی و همکاری بین تولیدکنندگان و بازیافت‌کنندگان برای ایجاد چرخه بسته‌ای که هزینه و اثرات محیطی را کاهش دهد، ضروری است. خطرات سلامتی ناشی از مواد شیمیایی سمی موجود در باتری‌های مستعمل، نیاز به رعایت استانداردهای ایمنی در بازیافت را افزایش داده است.

۴. چالش‌های بازیافت و زباله‌های باتری: فرایندهای فعلی بازیافت باتری‌ها به طور کامل توان بازیافت همه مواد را ندارند و نیاز به توسعه فناوری‌های بازیافتی برای کاهش اثرات محیط‌زیستی دارند، استانداردسازی و همکاری بین تولیدکنندگان و بازیافت‌کنندگان برای ایجاد چرخه بسته‌ای که هزینه و اثرات محیطی را کاهش دهد، ضروری است. خطرات سلامتی ناشی از مواد شیمیایی سمی موجود در باتری‌های مستعمل، نیاز به رعایت استانداردهای ایمنی در بازیافت را افزایش داده است.

۵. تنوع در نیازهای معدنی و شیمیایی باتری: نیاز به

۶. طول عمر باتری: باتری‌های خودروهای الکتریکی با تکنولوژی پیشرفته طراحی شده‌اند و معمولاً طول عمر بالایی دارند. برخی تولیدکنندگان، ضمانت ۸ ساله یا ۱۰۰۰۰۰ مایلی ارائه می‌دهند و پیش‌بینی می‌شود که این باتری‌ها در آب‌وهوای معتدل تا ۱۵ سال و در شرایط شدید، تا ۱۲ سال دوام بیاورند. با بهبود فناوری و افزایش تولید، انتظار می‌رود قیمت باتری‌ها کاهش یافته و عملکرد آن‌ها بهتر شود که در طولانی‌مدت هزینه مالکیت خودروهای الکتریکی را کاهش می‌دهد.

## معایب خودروهای الکتریکی

۱. تعارض‌های استفاده از زمین: با افزایش تولید و استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی، نیاز به کارخانه‌های تولید باتری و بازیافت آن‌ها افزایش می‌یابد که به زمین‌های وسیع نیاز دارند. ایجاد و توسعه این تأسیسات صنعتی نیازمند دسترسی به زمین‌های متعدد و دریافت مجوزهای مختلف است که اغلب با استفاده‌های دیگر از زمین تضاد دارد. تعارضات اجتماعی و سیاسی نیز ممکن است بین استفاده‌کنندگان زمین‌های محلی و صنعت رخ دهد که به دخالت دولت‌ها برای مدیریت و هماهنگی این مسائل نیاز دارد.

## ۲. نیاز بالای انرژی برای تولید

باتری: تولید باتری‌های لیتیوم یونی شامل فرایندهای پرمصرف انرژی مانند تولید سلول‌ها و مونتاژ آن‌ها است که باعث تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود. انرژی لازم برای تولید





## چشم‌انداز آینده: آیا خودروهای برقی می‌توانند راه‌حل

### پایدار برای حمل‌ونقل باشند؟

استفاده از خودروهای الکتریکی به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات اقلیمی در سطح جهانی مورد توجه قرار گرفته است. بخش حمل‌ونقل جاده‌ای، به دلیل وابستگی به سوخت‌های فسیلی، مسئول بخش عمده‌ای از انتشار کربن در جهان است. بسیاری از کشورها از جمله هند و چین، با ارائه مشوق‌های مالی و سیاست‌های حمایتی به ترویج استفاده از این خودروها پرداخته‌اند که به طور مثال در چین باعث شد سهم خودروهای الکتریکی به ۴۰ درصد از بازار جهانی برسد. با این وجود، موانعی نظیر چالش‌های مربوط به زیرساخت‌های شارژ، افزایش تقاضا برای منابع معدنی باتری‌ها، و تأمین انرژی مورد نیاز از منابع پاک، بر سر راه استفاده گسترده‌تر از خودروهای الکتریکی قرار دارد.

۳. یکی از مشکلات اصلی در افزایش بهره‌برداری از خودروهای الکتریکی، نیاز به زیرساخت‌های گسترده برای تأمین شارژ و تضمین پایداری شبکه برق است. این نیاز به‌ویژه در آسیا و کشورهای با زیرساخت‌های ضعیف‌تر، بیشتر احساس می‌شود. به‌منظور تأمین انرژی مورد نیاز خودروها و کاهش انتشار کربن، ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه و توسعه زیرساخت‌های توزیع، ضروری است. در غیر این صورت، به جای کاهش آلودگی، تنها مکان انتشار گازهای گلخانه‌ای تغییر خواهد کرد. همچنین، افزایش تقاضای جهانی برای فلزاتی مانند کبالت، لیتیوم و نیکل، فشار زیادی بر منابع این مواد وارد می‌کند که می‌تواند به کمبود این منابع و افزایش هزینه‌ها منجر شود.

### در راستای کاهش این چالش‌ها، می‌شود به چند راهکار

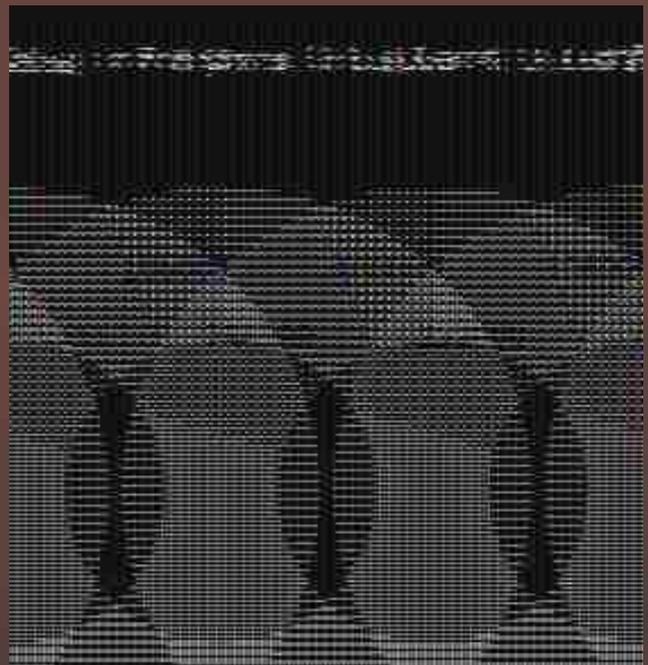
#### اساسی اشاره کرد:

- **استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر:** انرژی مورد نیاز برای شارژ خودروها باید از منابع پاک تأمین شود تا تأثیر مثبتی بر کاهش انتشار کربن داشته باشد.
- **توسعه فناوری‌های شبکه هوشمند:** استفاده از فناوری‌های شبکه هوشمند و راهکارهای ذخیره‌سازی انرژی، پایداری شبکه برق را تضمین کرده و نیاز به انرژی را برای تأمین شارژ خودروهای الکتریکی مدیریت می‌کند.
- **اقتصاد چرخشی برای باتری‌ها:** ایجاد فرایندهای بازیافت و باز استفاده از باتری‌های خودروهای الکتریکی می‌تواند مصرف منابع را بهینه کرده و از هدررفت مواد معدنی جلوگیری کند.
- **مکانیزم‌های مالی نوآورانه:** استفاده از روش‌هایی مانند قیمت‌گذاری ازدحام، مالیات کربن و مشوق‌های مالیاتی می‌تواند به ترویج گزینه‌های حمل‌ونقل پایدار کمک کند.
- **همکاری‌های عمومی - خصوصی:** همکاری دولت‌ها و بخش خصوصی با استفاده از دانش و منابع، می‌تواند توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل پایدار را تسریع بخشد و

مواد خاص مانند کبالت که هزینه تولید بالایی دارند و عمدتاً در کشورهای دارای ثبات پایین تولید می‌شوند، به چالش‌های زیادی منجر شده است. تغییر در ترکیب‌های شیمیایی باتری‌ها مانند باتری‌های لیتیوم نیکل منگنز کبالت و کاهش مصرف مواد پریسک به‌عنوان یک راه‌حل مطرح شده است تا وابستگی به منابع معدنی کمیاب کاهش یابد (Jannesar Niri et al., ۲۰۲۴).

### چالش‌های زیرساختی و اضطراب برد

مشکلات زیرساختی ماشین‌های الکتریکی، به‌ویژه در زمینه شارژ، یکی از چالش‌های عمده در پذیرش و استفاده گسترده از این خودروها محسوب می‌شود. محدودیت برد حرکتی خودروهای الکتریکی، نسبت به خودروهای احتراقی، و مدت زمان بیشتر برای شارژ شدن، نگرانی‌هایی همچون «اضطراب برد» را برای مصرف‌کنندگان ایجاد می‌کند. ایجاد و توسعه زیرساخت‌های شارژ سریع یکی از راه‌حل‌های مؤثر برای کاهش زمان شارژ و افزایش دسترسی است که البته نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و دینامیک است تا متناسب با نیازهای انرژی و شارژ متنوع کاربران باشد (Waseem et al., ۲۰۲۳).



نمودار ۱- تعداد ایستگاه‌های شارژ در ۳ منطقه پیشگام

همچنین، ایجاد شبکه‌ای ملی از ایستگاه‌های شارژ با همکاری دولت و بخش خصوصی، می‌تواند نقش بسزایی در تسهیل این فرایند ایفا کند. مدل‌های بهینه‌سازی مسیر نیز می‌تواند به رانندگان کمک کند تا کوتاه‌ترین و بهترین مسیرها به ایستگاه‌های شارژ را بیابند و مدت توقف‌های شارژ خود را مدیریت کنند که به کاهش اضطراب برد کمک می‌کند.



و نوآوری‌ها را ارتقا دهد (Tetsushi Sonobe, ۲۰۲۴).

### صنعت خودروهای برقی در ایران

صنعت خودروهای برقی در ایران در سال‌های اخیر، با رشد و تحولاتی همراه بوده است، اما با چالش‌های جدی نیز روبه‌روست. قیمت تمام‌شده بالا، به‌ویژه به دلیل هزینه‌های بالای باتری‌ها و کمبود زیرساخت‌های تولید، از جمله موانع اساسی در این حوزه محسوب می‌شوند. کارشناسان معتقدند که این مشکلات مانع از ایجاد تقاضای کافی در بازار شده و نیاز به حمایت و مداخله دولت برای تسهیل فرایند تولید و توسعه خودروهای برقی را ضروری می‌سازد.

باین‌حال، چندین خودروساز بزرگ و خصوصی در ایران در حال همکاری با شرکت‌های چینی برای راه‌اندازی خط تولید خودروهای برقی هستند. این توافق‌ها شامل انتقال فناوری و تأمین قطعات لازم برای تولید خودروهای برقی است. وزارت صمت نیز از برنامه‌هایی برای تولید و عرضه هشت مدل خودروی برقی جدید در سال آینده خبر داده و به دنبال ایجاد حدود ۱۰ هزار ایستگاه شارژ در سرتاسر کشور است.

چالش‌های محیط‌زیستی و نیاز به کاهش آلودگی هوا در کلان‌شهرها، ضرورت استفاده از خودروهای برقی را بیش‌ازپیش نمایان می‌کند. اگرچه هنوز مشخص نیست که سیاست‌های دولت در این زمینه چگونه خواهد بود، اما با توجه به مشکلات فعلی در صنعت خودروهای سنتی و هزینه‌های بالای سوخت، نیاز به تحول به سمت خودروهای برقی یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است.

### بحث و نتیجه‌گیری

خودروهای برقی با توجه به بحران تغییرات اقلیمی و آلودگی هوا، به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش آلودگی و مصرف سوخت‌های فسیلی مطرح شده‌اند. این خودروها از طریق استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، نقشی مؤثر در حفظ محیط‌زیست ایفا می‌کنند. افزایش تولید و توسعه زیرساخت‌های لازم برای شارژ این خودروها، به‌ویژه از طریق حمایت‌های دولتی و مشارکت بخش خصوصی، می‌تواند به تسریع پذیرش و استفاده گسترده‌تر از آن‌ها کمک کند. باین‌حال، محدودیت‌هایی مانند هزینه بالای تولید باتری، دسترسی محدود به ایستگاه‌های شارژ، و مسافت پیمایشی محدود، چالش‌های بزرگی هستند که نیازمند راهکارهای نوآورانه و حمایت مالی و تشویقی هستند. از منظر محیط‌زیستی، خودروهای برقی با کاهش آلودگی‌های هوا، به بهبود کیفیت زندگی در شهرهای بزرگ کمک شایانی می‌کنند. این مزیت به‌ویژه در کشورهایی نظیر ایران که با آلودگی هوا مواجه هستند، اهمیت بیشتری دارد. در همین راستا، توسعه سیاست‌های حمایتی و همکاری‌های بین‌المللی برای تولید و گسترش زیرساخت‌های خودروهای برقی می‌تواند به کاهش چالش‌ها و تسهیل انتقال به سیستم حمل‌ونقل پایدار کمک کند. در نهایت، با اتخاذ سیاست‌های مناسب و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، خودروهای برقی می‌توانند به‌عنوان گزینه‌ای پایدار برای آینده در جهت کاهش آلودگی و ایجاد محیط‌زیستی پاک‌تر نقش‌آفرینی کنند.





- Edwin Higginson. (2023). An introduction to Electric Vehicles - Australian Electric Vehicle Specialists. <https://www.australianevs.com.au/an-introduction-to-electric-vehicles/>
- History of Electric Cars. History of electric vehicles from the 1890s to present.
- Jannesar Niri, A., Poelzer, G. A., Zhang, S. E., Rosenkranz, J., Pettersson, M., & Ghorbani, Y. (2024). Sustainability challenges throughout the electric vehicle battery value chain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114176 ,191. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2023.114176>
- U.S. Department of Energy. (2023). Electricity Benefits. Retrieved from <https://afdc.energy.gov/fuels/electricity-benefits>
- Tetsushi Sonobe. (2024). Can electric vehicles lead the way to a sustainable future? - Asia Pathways. <https://www.asiapathways-adbi.org/02/2024/can-electric-vehicles-lead-the-way-to-a-sustainable-future/>
- Waseem, M., Fahad, S., & Alanazi, F. (2023). Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation. *Applied Sciences* 2023, Vol. 13, Page 6016 ,(10)13 ,6016. <https://doi.org/10.3390/APP13106016>
- The role of electric vehicles in sustainable development
- Meshkat Taheri | Payam Faraji Birgani
- 1. Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
- 2. Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

### Abstract

Electric vehicles have gained significant attention in recent years as a clean alternative to gasoline-powered cars. Despite numerous advantages, including reduced emissions and lower dependence on fossil fuels, questions remain about the true sustainability of these vehicles. This article examines the history, advantages, disadvantages, and future of electric vehicles to answer the question of whether electric vehicles can be considered a sustainable option for the future. The results of this research show that although electric vehicles have the potential to significantly reduce air pollution and climate change, challenges such as the high cost of batteries, limited driving range, and dependence on the electricity grid require serious attention.

**Keywords:** Electric vehicles, environmental sustainability, lithium-ion batteries, charging networks, climate change, automotive industry.