

اثرسنجی شرایط مختلف شارژ بر ترجیحات کاربران در خرید خودروی برقی

مقاله علمی - پژوهشی

محمودرضا ناطقی، دانش آموخته کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
امیررضا ممدوحی*، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران و

استاد وابسته، دانشکده مهندسی عمران، زمین‌شناسی و معدن، دانشگاه فنی مونترال، کانادا

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: armamdoohi@modares.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۷ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۲

صفحه ۱-۱۴

چکیده

سهم قابل توجه حمل و نقل شهری در انتشار گازهای گلخانه‌ای، خودروی برقی را به عنوان یکی از راهکارهای کارآمد برای کاهش این آلاینده‌ها معرفی می‌کند. اتخاذ سیاست‌های مؤثر و زمینه‌سازی جهت افزایش تمایل کاربران به خرید و استفاده از خودروی برقی نیازمند شناسایی عوامل تأثیرگذار بر آن است. در این پژوهش به اثرسنجی شرایط مختلف شارژ خودروی برقی (شامل هزینه، مدت‌زمان و مکان شارژ) بر ترجیحات کاربران در خرید خودروی برقی پرداخته می‌شود. داده‌های این پژوهش با اجرای پرسشنامه‌ای که به همین منظور طراحی شده، از طریق مصاحبه حضوری با ۳۶۶ نفر از شهروندان تهرانی در بازه زمانی تابستان سال ۱۴۰۳ گردآوری شده است. نتایج پرداخت مدل انتخاب گسسته از نوع لجیست دوگانه نشان می‌دهد که افزایش هزینه و مدت‌زمان شارژ، به طور معناداری احتمال تمایل به خرید خودروی برقی را کاهش می‌دهد، به صورتی که تحلیل اثر حاشیه‌ای حاکی از این است که به ازای افزایش هزار تومان در هزینه شارژ، تمایل به خرید ۰/۳۷ درصد و به ازای افزایش یک دقیقه در زمان شارژ، این تمایل ۰/۴۵ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، افراد جوان‌تر، زنان و وجود دسترسی به مراکز غیرعمومی جهت شارژ خودروی برقی (مانند مراکز تجاری، خرید و محل کار)، باعث افزایش تمایل به خرید می‌شود، در حالی که افراد با تحصیلات تکمیلی تمایل کمتری را از خود نشان می‌دهند. تحلیل ترکیب‌های مختلف متغیرهای تعاملی در فرآیند مدل‌سازی نشان می‌دهد که حاصلضرب متغیرهای "درآمد ماهانه بیش از ۳۰ میلیون تومان" و "تعداد خودروهای خانوار بیش از یک دستگاه"، تأثیر مثبتی بر تصمیم‌گیری جهت استفاده از خودروی برقی دارد. نتایج این پژوهش می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های مؤثر در راستای افزایش انگیزه کاربران در انتخاب این خودروها، مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خرید خودروی برقی، ترجیحات کاربران، لجیست دوگانه، اثرسنجی شرایط شارژ، رجحان بیان شده

۱- مقدمه

سهم حمل و نقل است و سهم قابل توجهی از این انتشار به حمل و نقل شهری اختصاص دارد (Ritchie et al., 2023). از این رو، اعمال تغییرات ساختاری در این بخش از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از راهکارهای اصلی برای کاهش انتشار آلاینده‌ها، استفاده از خودروی برقی است که به دلیل عدم وابستگی به سوخت‌های فسیلی و دارا بودن مزایایی همچون

آلودگی هوا و افزایش مداوم گازهای گلخانه‌ای سیاست‌گذاران را ملزم به حل این مشکل و افزایش کیفیت زندگی شهری کرده است. از این رو صنعت خودروسازی از صنایع مهمی است که می‌تواند با تولید وسایل نقلیه سازگار با محیط زیست، تلاشی جهت کاهش آلودگی هوا انجام دهد (Schulz & Rode, 2022). حدود ۱۶ درصد از انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای

طراحی شده، به واسطه مصاحبه حضوری با ۳۶۶ نفر از ساکنین شهر تهران در تابستان سال ۱۴۰۳، جمع‌آوری شده است. با توجه به ماهیت مجازی (دوتایی) متغیر وابسته، از مدل لجیت دوگانه جهت تحلیل داده‌ها استفاده شده است و اثر حاشیه‌ای میزان تأثیر هر متغیر مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از این پژوهش ارائه بینشی کاربردی برای سیاست‌گذاران جهت افزایش تمایل کاربران به خرید خودروی برقی است.

۲- پیشینه تحقیق

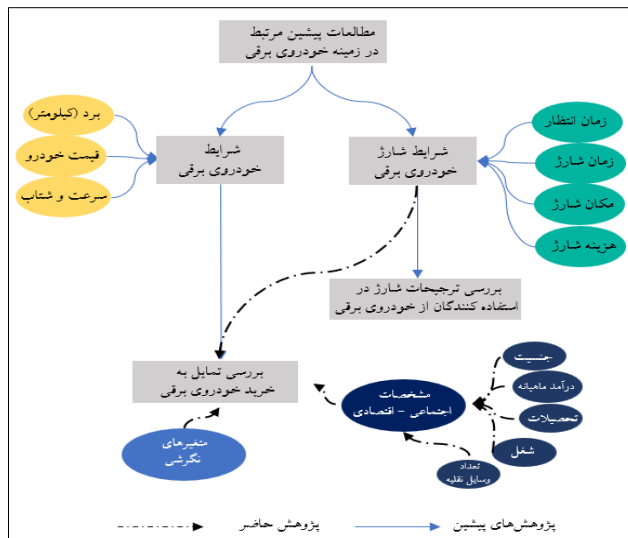
تمایل به خرید و استفاده از خودروی برقی به عوامل متعددی بستگی دارد که می‌توان به شرایط خودرو، شرایط مختلف شارژ، دسترسی به ایستگاه‌های شارژ و نگرش‌های کاربران نسبت به این نوع خودروها اشاره کرد. تحقیقات نشان داده‌اند که شرایط و دسترسی به زیرساخت‌های شارژ تأثیر مستقیمی بر پذیرش و استفاده از خودروی برقی دارند (Kumar & Alok, 2020). بر همین اساس پژوهش‌های مختلفی به بررسی ترجیحات کاربران در پذیرش و شارژ خودروی برقی پرداخته‌اند. سولوی هون و همکاران (Solvi Hoen et al., 2023) به بررسی تأثیر عوامل مختلف بر تصمیم‌گیری برای شارژ خودروی برقی در سفرهای طولانی در نروژ پرداختند. این پژوهش با بررسی شرایط مؤثر بر انتخاب محل شارژ در سفرهای طولانی و بررسی تمایل به پرداخت هزینه برای کاهش مدت زمان انتظار مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیق بر اساس رجحان بیان شده و استفاده از مدل لجیت ترکیبی انجام شد. نتایج نشان داد که هزینه شارژ، زمان انتظار، سرعت شارژ و امکانات ایستگاه، عوامل کلیدی در انتخاب کاربران هستند. همچنین، متغیرهایی همچون فاصله تا مقصد و میزان شارژ باقی‌مانده نقش مهمی در تصمیم‌گیری برای شارژ ایفا می‌کنند. یافته‌ها نشان داد که کاربران تمایل دارند در صورت تصمیم به شارژ، باتری خودرو را به سطح بالایی شارژ کنند. یومه هانی و همکاران (Hanni et al., 2024a) به بررسی تصمیمات مرتبط با شارژ سریع در پارکینگ‌ها، شارژ کند در منزل، و شارژ سریع و کند در محل‌های کار پرداختند. این پژوهش با تحلیل شرایط تأثیرگذار بر رفتار شارژ و تعیین نقش متغیرهای توضیحی در تصمیمات مربوط به شارژ انجام شد. داده‌های این پژوهش از نظرسنجی رجحان بیان شده در سال ۲۰۲۱ در ژاپن جمع‌آوری و با استفاده از مدل لجیت ترکیبی^۱ تحلیل شد. در این پژوهش، از داده‌های ۴۴۱ پاسخ‌دهنده برای تحلیل رفتار شارژ در چندین مکان استفاده شد. با بررسی متغیرهای توضیحی، الگوهای مختلفی از رفتار شارژ برای

کاهش آلودگی هوا، بهره‌وری انرژی بالاتر و کاهش آلودگی صوتی، به عنوان جایگزینی برای خودروهای با موتور احتراق داخلی مطرح شده‌اند (Egbue & Long, 2012). خودروی برقی علاوه بر بهبود عملکرد زیست‌محیطی، با هزینه‌های عملیاتی کمتر و بهره‌وری انرژی بهتر، می‌تواند نقش موثری در تحقق اهداف سیاست‌های پایدار و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی ایفا کند (Zhang et al., 2018). افزایش تمایل به خرید خودروی برقی، به سیاست‌ها و مشوق‌های حمایتی وابسته است. دولت‌ها می‌توانند با ارائه مشوق‌های مالی، انگیزه لازم را برای خرید خودروی برقی را ایجاد کنند (Cherchi, 2017). علاوه بر آن کسب درک عمیق از ترجیحات کاربران، عاملی مؤثر جهت افزایش شرایط خرید و استفاده از خودروی برقی است. به این منظور، مطالعات پیشین از روش‌هایی هم‌چون رجحان بیان شده، به بررسی عوامل مؤثر بر استفاده از خودروی برقی پرداخته‌اند (Hardman et al., 2018). بررسی این مطالعات نشان می‌دهد مدت زمان شارژ (Pan et al., 2019)، نگرانی جهت دسترسی به زیرساخت شارژ در طول مسیرهای سفر، سرعت شارژ، وضعیت شارژ (Li et al., 2023)، ظرفیت باتری، فاصله تا سفر بعدی و مکان شارژ (Solvi Hoen et al., 2023) از مواردی تأثیر گذار است که کاربران در انتخاب و شارژ خودروی برقی مدنظر قرار داده‌اند. با توجه به هزینه بسیار پایین و یا رایگان شارژ در کشورهایی چون نروژ در مقابل هزینه بالای سوخت‌های فسیلی، متغیر هزینه شارژ از مواردی است که در پژوهش‌ها کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که در ایران به دلیل هزینه بسیار کم سوخت‌های فسیلی در مقابل استفاده از انرژی الکتریکی، هزینه شارژ می‌تواند بر تمایل کاربران در انتخاب خودروی برقی اثرگذار باشد. همچنین، چالش‌های موجود در زیرساخت‌های فعلی شارژ، از جمله کمبود و محدودیت دسترسی به ایستگاه‌های شارژ، موجب می‌شود تا کاربران با چالش‌هایی همچون برنامه‌ریزی دقیق برای شارژ در مکان‌های مشخص مواجه شوند. این موضوع، نیز به عنوان یک عامل بازدارنده در خرید خودروی برقی مطرح است. بر همین اساس و با توجه به شروع ورود خودروهای برقی به ایران و پیش‌بینی توسعه آتی این بازار و کمبود مطالعات مرتبط با بررسی ترجیحات کاربران در خرید این نوع خودروها، این پژوهش به بررسی تأثیر شرایط شارژ شامل هزینه، مدت‌زمان و مکان شارژ بر تصمیم‌گیری کاربران جهت خرید خودروی برقی می‌پردازد. داده‌های این پژوهش با رویکرد رجحان بیان شده و از طریق پرسشنامه‌ای که به همین جهت

تأثیر زیادی بر زمان‌های انتظار قابل قبول دارند. مردان و رانندگان جوان‌تر تمایل کمتری به انتظار طولانی دارند، در حالی که افراد مسن‌تر و متاهل، آمادگی بیشتری برای تحمل مدت زمان‌های طولانی‌تری دارند. همچنین، مکان‌های پرتردد مانند فروشگاه‌های رفاه و تأسیسات تجاری جذابیت بیشتری برای شارژ دارند. این پژوهش پیشنهاد می‌کند که سیاست‌گذاران نصب زیرساخت‌های شارژ در مکان‌های با تقاضای بالا را اولویت دهند و از همکاری با بخش خصوصی برای گسترش سریع‌تر شبکه شارژ استفاده کنند. همچنین، این پژوهش نشان می‌دهد که رانندگان اهمیت بیشتری به کاهش زمان انتظار می‌دهند تا کاهش مدت زمان شارژ، که می‌تواند به بهبود برنامه‌ریزی زیرساخت‌ها کمک کند.

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که ترجیحات کاربران در زمینه شارژ و استفاده از خودروی برقی ناهمگون است (Solvi Hoen et al., 2023). کاربران با توجه به عواملی مانند مدت زمان کل شارژ، زمان انتظار برای دسترسی به یک نقطه شارژ، امکانات اطراف محل شارژ و مکان شارژ رفتارهای متفاوتی نشان می‌دهند (Ma et al., 2021). علاوه بر آن بسیاری از مطالعات به ارزیابی ترجیحات کاربران در شارژ خودروی برقی پرداخته‌اند، اما کمتر به بررسی تأثیر شرایط شارژ در خرید خودروی برقی توجه شده است. همچنین در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، شارژ خودروی برقی در آن رایگان می‌باشد و هزینه شارژ، کمتر به عنوان یک عامل مهم در رفتار کاربران در نظر گرفته نشده است. اما در ایران، به دلیل ارزان بودن سوخت‌های فسیلی و تمایل کاربران به استفاده از خودروی سوخت فسیلی، هزینه شارژ خودروی برقی می‌تواند عاملی تأثیرگذار در نظر گرفته شود. بر همین اساس، این پژوهش با توجه به فقدان مطالعات کافی در خصوص تمایل کاربران به خرید خودروی برقی در ایران، به بررسی نقش شرایط شارژ به عنوان عاملی اثرگذار بر این تصمیم پرداخته است. در این پژوهش با در نظر گرفتن شرایط مختلف شارژ شامل هزینه، زمان و مکان شارژ، بررسی تمایل به خرید کاربران به خودروی برقی در شهر تهران پرداخته شده است. شکل (۱) نمایانگر حوزه‌های پژوهشی بررسی شده در تحقیقات پیشین است و جایگاه پژوهش حاضر را در این زمینه است.

کاربران خودروی برقی شناسایی شد. نتایج نشان می‌دهد که ویژگی‌های اجتماعی - اقتصادی همچون جنسیت، درآمد، سن، منطقه مسکونی و مالکیت خودرو، به همراه متغیرهای مرتبط با رفتار شارژ مانند سطح باتری و مسافت مورد انتظار، عوامل کلیدی در تصمیمات شارژ محسوب می‌شوند. برای مثال، افرادی که سطح باتری بالاتر از ۷۵٪ دارند، تمایلی به شارژ ندارند و افرادی که مسافت بیشتری برای سفر پیش‌بینی می‌کنند، بیشتر به شارژ در محل کار یا منزل تمایل دارند. این پژوهش به اهمیت داشتن زیرساخت‌های مناسب شارژ را برای تسهیل استفاده از خودروی برقی را نشان می‌دهد، به طوری که طرح‌های زیرساختی باید با توجه به ترجیحات و الگوهای رفتاری کاربران خودروی برقی طراحی شوند. جابین و همکاران (۲۰۱۳) (Jabeen et al., 2013) به بررسی رفتار شارژ خودروی برقی و ترجیحات رانندگان برای شارژ در خانه، محل کار و ایستگاه‌های شارژ عمومی پرداختند. این پژوهش از آزمایش‌های رجحان بیان شده و مدل‌های انتخاب گسسته برای تحلیل داده‌ها بهره گرفت. نتایج نشان داد که رانندگان اغلب ترجیحات می‌دادند خودروی برقی خود را در خانه یا محل کار شارژ کنند، به‌ویژه افرادی که از پنل‌های خورشیدی برای تأمین انرژی در خانه استفاده می‌کردند. این دسته از رانندگان به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر علاقه‌مند بودند و هزینه کمتر و راحتی بیشتر را به عنوان دلایل اصلی انتخاب خود مطرح کردند. از دیگر متغیرهای تأثیرگذار می‌توان به هزینه و مدت زمان شارژ اشاره کرد که در میان تمام گروه‌های پاسخ‌دهندگان مشاهده شد. به طور کلی، رانندگان ترجیحات می‌دادند زمانی که امکان شارژ در خانه یا محل کار وجود داشت، از این گزینه‌ها استفاده کنند. علاوه بر آن وجود امکانات در اطراف مراکز شارژ عمومی نیز از اهمیت برخوردار بود به صورتی که ایستگاه‌های شارژ عمومی در نزدیکی مکان‌های پرتردد و مورد علاقه رانندگان، می‌تواند تأثیر مثبتی در بهبود تجربه شارژ آنها داشته باشد. یومه هانی و همکاران (Hanni et al., 2024b) به بررسی ترجیحات رانندگان خودروی برقی برای زمان‌های انتظار در ایستگاه‌های شارژ می‌پردازد و از داده‌های نظرسنجی رجحان بیان شده از ۴۱ مالک خودرو در ژاپن در سال ۲۰۲۱ استفاده می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که جنسیت، سن، درآمد خانوار، و وضعیت اشتغال



شکل ۱. جایگاه پژوهش حاضر در میان مطالعات پیشین

۳- روش‌شناسی

در این بخش فرایند طراحی پرسشنامه، جمع‌آوری و تحلیل فراوانی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفته و سپس روش مدل‌سازی در این پژوهش تشریح می‌گردد.

۳-۱- داده‌های پژوهش

این بخش به توضیح داده‌های پژوهش و روش طراحی و گردآوری آن‌ها می‌پردازد. باتوجه به شروع ورود خودروهای برقی به ایران و پیش‌بینی توسعه آتی این بازار و آگاهی کم کاربران نسبت به این فناوری، داده‌ها از طریق پرسشنامه‌ای مبتنی بر رجحان بیان شده، جمع‌آوری شده‌اند. این پرسشنامه به طور خاص برای این پژوهش و باهدف بررسی ترجیحات کاربران در خرید خودروی برقی طراحی شده است. جامعه آماری این پژوهش از ۳۶۶ نفر از شهروندان ساکن شهر تهران که دارای خودروی شخصی هستند، تشکیل شده است. داده‌ها پس از گردآوری در تابستان ۱۴۰۳، در مراحل بعدی پالایش، تحلیل و مدل‌سازی گردیدند. پرسشنامه طراحی شده شامل چهار بخش کلی است: ۱- مشخصات فردی شامل تجربه رانندگی و مالکیت خودروی شخصی، ۲- سناریوهای پژوهش، ۳- سؤالات نگرشی جهت بررسی میزان اهمیت متغیرهای شارژ و ۴- مشخصات اجتماعی-اقتصادی. هر پرسشنامه شامل سه سناریو با ترکیب‌های مختلفی از هزینه، زمان و محل شارژ خودروی برقی طراحی شده است. در هر سناریو، افراد با در نظر گرفتن شرایط ارائه‌شده برای شارژ خودروی برقی، تمایل یا عدم تمایل خود را نسبت به خرید این نوع خودرو مشخص می‌کنند. متغیرها و سطوح آنها در پرسشگری رجحان بیان شده که به صورت یک

طرح کامل عاملی آ تنظیم شده، در جدول (۱) ارائه شده است. در این پژوهش، برای تعیین سطوح هزینه و مدت‌زمان شارژ خودروهای برقی، مبنای مشخصی در نظر گرفته شده است. هزینه شارژ این خودروها بر اساس پیمایش مسافت ۱۰۰ کیلومتر محاسبه گردیده و هزینه پایه از هزینه سوخت یک خودروی بنزینی معمولی با میانگین مصرف ۱۰ لیتر به ازای هر ۱۰۰ کیلومتر مشتق شده است. با توجه به قیمت آزاد بنزین که معادل ۳۰۰۰ تومان به ازای هر لیتر است، هزینه سوخت برای طی ۱۰۰ کیلومتر، معادل ۳۰ هزار تومان به دست آمده است. به منظور افزایش دقت و اثرگذاری متغیر هزینه در طراحی آزمایش، سطوح هزینه‌ای دیگری نیز به پژوهش اضافه گردید. از این رو دو سطح جدید شامل «رایگان» و «۸۰ هزار تومان» افزوده شد که گزینه «رایگان» حداقل هزینه ممکن و گزینه «۸۰ هزار تومان» حالتی است که هزینه شارژ با فرض افزایش قیمت بنزین به لیتری ۸۰۰۰ تومان در نظر گرفته شده است. علاوه بر هزینه، مدت‌زمان شارژ نیز بر اساس انواع شارژرهای موجود در بازار خودروهای برقی تعیین شده است. این شارژرها به سه دسته شارژ خانگی (معمولاً مدت‌زمان طولانی‌تر)، شارژ نیمه‌سریع و شارژ سریع تقسیم می‌شوند. در پژوهش حاضر، مدت‌زمان شارژ نیز در سه سطح «۱۵ دقیقه» (متناسب با شارژ سریع)، «۴۰ دقیقه» (شارژ نیمه سریع) و «۶۰ دقیقه» (شارژ خانگی یا عمومی با سرعت پایین‌تر) در نظر گرفته شده است. نهایتاً، متغیر مکان شارژ نیز در سه سطح «ایستگاه‌های عمومی»، «مراکز تجاری و خرید» و «محل کار یا تحصیل» تعریف شده است تا ترجیحات کاربران را از نظر راحتی دسترسی و تطابق با نیازهای روزمره مورد بررسی قرار دهد.

جدول ۱. متغیرها و سطوح آنها در پرسشگری رجحان بیان شده

متغیرها	مدت زمان شارژ	مکان شارژ
هزینه شارژ	رایگان	ایستگاه عمومی
۳۰ هزار تومان	۴۰ دقیقه	مراکز تجاری/ خرید
۸۰ هزار تومان	۶۰ دقیقه	محل کار یا تحصیل

دارای مدرک کارشناسی هستند که بیشترین سهم را در میان سطوح تحصیلی به خود اختصاص داده‌اند. تحلیل داده‌های مربوط به درآمد ماهیانه حاکی از آن است که بیش از نیمی از پاسخ‌دهندگان (۵۴/۶۴ درصد) درآمدی بین ۱۵ تا ۳۰ میلیون تومان در ماه دارند. همچنین، ۷۲/۱۴ درصد از شرکت‌کنندگان اعلام کردند که سرپرست خانوار هستند.

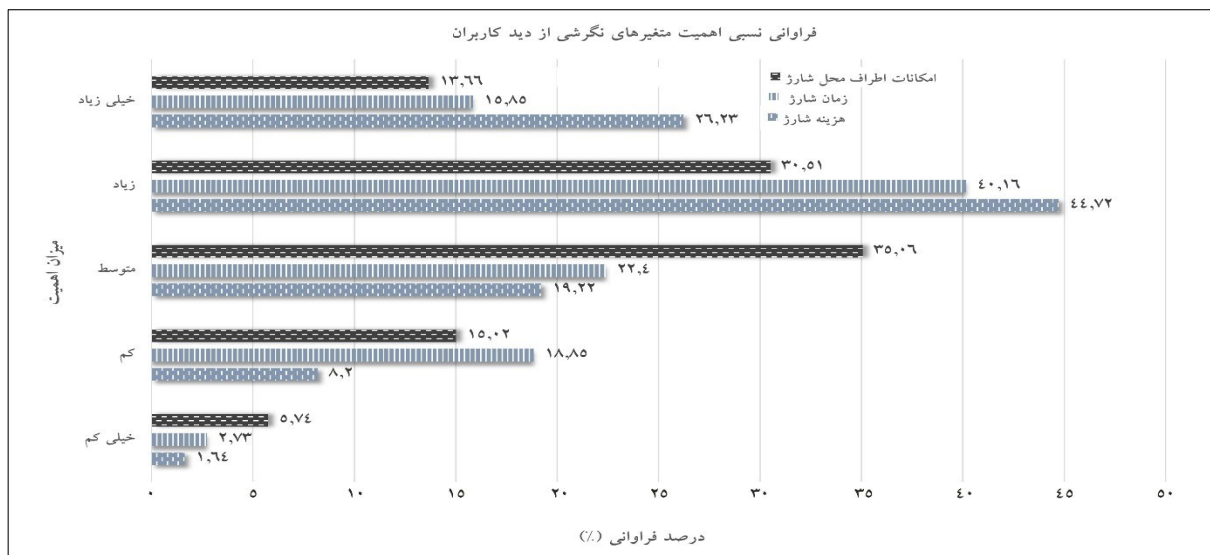
جدول (۲) نتایج تحلیل آمار توصیفی مشخصات اجتماعی - اقتصادی نمونه پژوهش را نمایش می‌دهد. بر اساس این جدول، ۶۹/۳۹ درصد از پاسخ‌دهندگان مرد و ۳۰/۶۱ درصد زن بوده‌اند. در بخش توزیع سنی، بیشترین فراوانی در بازه سنی ۳۵-۴۴ سال با ۲۹/۲۳ درصد و کمترین فراوانی در بازه سنی ۱۸ - ۲۴ سال مشاهده می‌شود که تنها ۳/۰۰ درصد از کل نمونه را تشکیل می‌دهد. در زمینه تحصیلات، ۳۸/۷۹ درصد از نمونه

جدول ۲. نتایج تحلیل فراوانی مشخصات اجتماعی - اقتصادی نمونه پژوهش

متغیر	مطلق	نسبی (%)	فراوانی
جنسیت	مرد	۶۹/۳۹	مطلق
	زن	۳۰/۶۱	نسبی (%)
سن	۱۸ تا ۲۴	۱۱	مطلق
	۲۵ تا ۳۴	۲۶/۷۷	نسبی (%)
	۳۵ تا ۴۴	۲۹/۲۳	مطلق
	۴۵ تا ۵۴	۲۲/۶۷	نسبی (%)
	۵۵ تا ۶۴	۱۴/۲۴	مطلق
	۶۵ تا ۷۴	۴/۰۹	نسبی (%)
تحصیلات	دیپلم و زیر دیپلم	۲۰/۴۹	مطلق
	کارشناسی	۳۸/۷۹	نسبی (%)
	کارشناسی ارشد	۲۹/۲۳	مطلق
	دکتری	۱۱/۴۹	نسبی (%)
میزان درآمد ماهیانه (میلیون تومان)	۱ تا ۱۵	۲۲/۴۰	مطلق
	۱۵ تا ۳۰	۵۴/۶۴	نسبی (%)
	۳۰ تا ۴۵	۱۴/۷۵	مطلق
	بیشتر از ۴۵	۸/۲۱	نسبی (%)
سرپرست خانوار	خیر	۲۷/۸۶	مطلق
	بله	۷۲/۱۴	نسبی (%)

در دسته‌های "زیاد" و "خیلی زیاد" طبقه‌بندی کرده‌اند، در حالی که اهمیت امکانات اطراف محل شارژ از دید کاربران اهمیت کمتری پیدا کرده است.

شکل (۲) میزان اهمیت نسبی سه متغیر «امکانات اطراف محل شارژ»، «زمان شارژ» و «هزینه شارژ» را از دیدگاه کاربران نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، بیش از ۷۰ درصد از کاربران اهمیت متغیر هزینه و ۵۵ درصد از کاربران اهمیت متغیر زمان شارژ را



شکل ۲. توزیع فراوانی اهمیت متغیرهای شارژ خودروی برقی از دید کاربران

۳-۲-روش مدل سازی

دو گزینه موجود باشد، استفاده می‌شود. مدل لجیت تودرتو نیز نوعی توسعه یافته از مدل لجیت دوگانه است که در آن، گزینه‌های موجود به صورت سلسله مراتبی دسته بندی شده و هر گزینه می‌تواند شامل چندین زیرگزینه باشد (Louviere et al., 2003). تابع مطلوبیت در این مدل‌ها اغلب به صورت یک رابطه‌ی خطی از ترکیب متغیرهای مستقل و وابسته نشان داده می‌شود. تابع مطلوبیت به طور کلی با یک مدل خطی تعریف می‌شود که شامل مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل به عنوان متغیرهای مؤثر بر انتخاب گزینه است. رابطه (۱) تابع مطلوبیت گزینه (m) را برای تعدادی از متغیرهای مستقل، نشان می‌دهد.

$$U_m = C + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + \dots + A_iX_i \quad (1)$$

که در آن:

U_m : تابع مطلوبیت گزینه m

C: ثابت

A_i : ضرایب (وزن هر ویژگی بر اساس نتایج مدل)

X_i : متغیرهای مستقل تابع مطلوبیت

احتمال استفاده از گزینه m، بر اساس مدل لجیت دوگانه با رابطه (۲) نشان داده می‌شود و احتمال انتخاب گزینه دوم را می‌توان از رابطه (۳) به دست آورد.

$$p_m = \frac{e^{U_m}}{1 + e^{U_m}} \quad (2)$$

$$p_n = 1 - p_m \quad (3)$$

که تمام ضرایب صفر هستند و حالت ضرایب تخمین زده شده با روش تمایل بیشینه، تقسیم بر لگاریتم تابع تمایل در حالتی که تمام ضرایب صفر هستند که به صورت رابطه (۴) نشان داده می‌شود (Louviere et al., 2003).

$$\rho_0^2 = \frac{LL(0) - LL(\beta)}{LL(0)} = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \quad (4)$$

اگر لگاریتم تابع مطلوبیت به صورت عدد ثابت، به عنوان مرجع در نظر گرفته شود، ρ_C^2 ، به صورت رابطه (۵) تعریف می‌گردد.

$$\rho_C^2 = \frac{LL(C) - LL(\beta)}{LL(C)} = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(C)} \quad (5)$$

از اثر حاشیه‌ای استفاده شده است. اثر حاشیه‌ای، تأثیری است که یک تغییر یک‌واحدی در یک متغیر مستقل بر متغیر وابسته می‌گذارد، درحالی‌که سایر متغیرها ثابت فرض می‌شوند. اثر حاشیه‌ای می‌تواند برای متغیرهای پیوسته، به صورت مشتق جزئی از تابع احتمال نسبت به متغیر مستقل بر اساس رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$\text{Marginal Effect(Continuous Variable)} = \frac{\partial \text{Independent Variable}}{\partial \text{Dependent Variable}} \quad (6)$$

و همچنین اثر حاشیه‌ای برای متغیرهای مجازی (دودویی)، به صورت تفاوت احتمال بین دو سطح متغیر و بر اساس رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$\text{Marginal Effect(Binary Variable)} = P(Y = 1 | \bar{X}, D = 1) - P(Y = 1 | \bar{X}, D = 0) \quad (7)$$

۴- نتایج پرداخت مدل

نشده‌اند. از متغیرهایی که با علامت منفی در مدل ظاهر شده است می‌توان به هزینه شارژ (Price) و مدت زمان شارژ (Time) اشاره کرد.

علامت این متغیرها مطابق با انتظار بوده است و این دو متغیر در سطح ۱٪ معنادار است. ضریب منفی این متغیرها نشان می‌دهد با افزایش هزینه و مدت زمان شارژ تمایل به خرید خودروی برقی کاهش پیدا می‌کند. این نتیجه دلالت بر حساسیت تقاضا نسبت به هزینه شارژ خودروی برقی دارد و تأثیر مستقیمی بر سیاست‌های قیمت‌گذاری می‌گذارد. همچنین مدت زمان شارژ نیز در تصمیم‌گیری کاربران نقش مؤثری ایفا می‌کند و کوتاه شدن زمان شارژ خودروی برقی به افزایش میزان خرید آن منجر می‌شود.

هنگامی که مدل اولیه تخمین زده می‌شود بهترین ارزیابی بررسی علامت ضرایب برآورد شده، مقادیر آنها و بررسی سطح معناداری هر متغیر است؛ اما به منظور مقایسه مدل‌های برآورد شده در مراحل بعدی از ضریب نیکویی برازش استفاده می‌شود که این آماره برابر است با اختلاف لگاریتم تابع تمایل در حالتی

طبق تعریف ρ_0^2 و ρ_C^2 در بازه بین ۰ و ۱ قرار دارند، که هرچقدر این مقدار به عدد ۱ نزدیک تر باشد، بیان می‌کند که مدل به دست آمده مدل کاملی است. این ضریب به طور مطلق نشان دهنده خوبی مدل نبوده و تنها مقایسه این ضریب بین دو مدل برآورد شده می‌تواند گویای خوبی برازش مدل‌ها نسبت به هم باشد. جهت بررسی میزان تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل در مدل

انتخاب مدل تحقیق بر اساس اهداف پژوهش و ویژگی‌های داده‌ها انجام می‌شود. در این پژوهش، باتوجه به اینکه متغیر وابسته ماهیتی مجازی (دوتایی) داشته است، از مدل لوجیت دوگانه برای مدل‌سازی استفاده شده است. در این مرحله، پس از بررسی مدل‌های مختلف و ترکیب گوناگون متغیرها، مدلی که با ۱۲ متغیر بیشترین بهبود را در مقادیر لگاریتم تابع درست‌نمایی، معناداری و قابلیت اعمال سیاست‌ها نشان داد، به عنوان مدل نهایی انتخاب گردید. جدول (۳) نشان‌دهنده نتایج پرداخت مدل لوجیت دوگانه است. علامت متغیرها در این مدل‌سازی مطابق انتظار است. بر اساس این جدول، تمامی متغیرها در سطح اطمینان ۹۰٪ قابل تأیید هستند. مثبت بودن جمله ثابت در مدل لوجیت دوگانه نشان می‌دهد عوامل دیگری نیز ممکن است بر رفتار خرید تأثیرگذار باشند که در این مدل در نظر گرفته

جدول ۳. نتایج پرداخت مدل لوجیت دوگانه خرید خودروی برقی تحت شرایط مختلف شارژ

ردیف	نماد متغیر	توصیف متغیر	ضریب	سطح معناداری	خطای استاندارد
۱	constant	جمله ثابت	۱/۹۷۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۷
۲	Price	هزینه شارژ (هزار تومان)	-۰/۰۲۰۸۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲
۳	Time	مدت زمان شارژ (دقیقه)	-۰/۰۲۵۴۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴
۴	Location-Shop	مجازی (مکان شارژ در مراکز تجاری یا خرید)	۰/۴۱۵	۰/۰۵۹	۰/۲۱۹
۵	Location-Work	مجازی (مکان شارژ در محل کار یا تحصیل)	۰/۴۴۴	۰/۰۱۳	۰/۱۷۸
۶	Gender	جنسیت (زن = ۱، مرد = ۰)	۰/۴۴۵	۰/۰۴۱	۰/۲۱۷
۷	Woman-LocationShop	تعاملی (جنسیت زن × مکان شارژ مراکز تجاری یا خرید)	۲/۵۹۴	۰/۰۰۱	۰/۷۷۳
۸	EDU	مجازی (دارای تحصیلات تکمیلی دانشگاهی = ۱، در غیراینصورت = ۰)	-۰/۳۹۳	۰/۰۱۲	۰/۱۵۶
۹	Parking-LocationWork	تعاملی (پارکینگ اختصاصی محل کار × مکان شارژ محل کار یا تحصیل)	۰/۷۹۸	۰/۰۰۲	۰/۲۶۰
۱۰	N-PriceTime	مجازی (اهمیت توامان "خیلی زیاد" و "زیاد" در متغیرهای نگرشی هزینه و مدت زمان شارژ = ۱، در غیراینصورت = ۰)	-۰/۶۳۰	۰/۰۰۰	۰/۱۵۰
۱۱	Income-TwoVeichle	تعاملی (میزان درآمد ماهیانه بالای ۳۰ میلیون تومان × تملک بیش از یک وسیله نقلیه)	۰/۹۰۹	۰/۰۰۱	۰/۲۷۶
۱۲	Age-Cat1	مجازی (بازه سنی ۱۸-۳۰ سال)	۰/۴۴۰	۰/۰۴۱	۰/۲۱۵
۱۳	Age-Cat2	مجازی (بازه سنی ۳۱-۴۵ سال)	۰/۳۴۸	۰/۰۳۰	۰/۱۶۰
		تعداد مشاهدات	۱۰۹۸		
		لگاریتم تابع درست‌نمایی سهم برابر	LL(0)		-۷۶۱/۰۷۵
		لگاریتم تابع درست‌نمایی سهم بازار	LL(C)		-۷۰۲/۳۱۱
		لگاریتم تابع درست‌نمایی در همگرایی	LL(β)		-۵۷۸/۱۵۷
		ضریب نیکویی برازش نسبت به سهم برابر	ρ ² (0)		۰/۲۴۰
		ضریب نیکویی برازش نسبت به سهم بازار	ρ ² (C)		۰/۱۷۸
	درصد برآورد درست (/)	Precent correct			۷۳/۲۲

خرید و استفاده ایجاد می‌کند. این یافته در پژوهش انجام شده در کالیفرنیا نیز مشاهده شده است (California Air Resources Board, 2017). به صورتی که شارژ در مکان‌هایی غیر از مکان‌های عمومی باعث مقبولیت بیشتری جهت خرید خودروی برقی شده است. بر اساس متغیر Gender، زنان نسبت به مردان تمایل بیشتری به خرید خودروی برقی دارند. علاوه بر آن، بر اساس متغیر تعاملی Woman-LocationShop که حاصل ضرب متغیرهای مجازی جنسیت زنان و مکان شارژ در مراکز تجاری یا خرید است، این تمایل

متغیر شارژ در مکان‌های غیر عمومی شامل مکان تجاری یا خرید (Location-Shop) و محل کار یا تحصیل (Location-Work) از مواردی است که علامت آن مثبت بوده است، این نشان می‌دهد در صورتی که توسعه زیرساخت‌های شارژ در مکان‌هایی نظیر مکان‌های تجاری شامل پاساژها و مراکز خرید، محل کار و تحصیل گسترش یابد می‌تواند تأثیر مثبتی بر خرید خودروی برقی داشته باشد. علاوه بر آن، ضرایب مربوط به متغیرهای مکان شارژ نشان می‌دهند که شارژ در محل کار یا تحصیل نسبت به سایر مکان‌های شارژ، مطلوبیت بیشتری جهت

دارند و با افزایش سن این تمایل کاهش پیدا می‌کند. نتیجه مدل در توزیع سنی نشان می‌دهد که خودروی برقی برای افراد جوانتر، جذاب‌تر هستند. بررسی معیارهای ارزیابی مدل در جدول (۳) ارائه شده است. بر این اساس لگاریتم تابع درست‌نمایی را در سه حالت برابر $LL(0)$ ، بازار $LL(C)$ و همگرایی $LL(\beta)$ قابل دستیابی است. نیکویی برازش و درصد درست‌نمایی مدل‌ها نیز برای اطلاع مشخص شده است. بر این اساس، نیکویی برازش نسبت به سهم بازار و برابر، در مدل لوجیت دوگانه به ترتیب برابر با $0/178$ و $0/240$ و همچنین درصد درست‌نمایی این مدل $73/22$ درصد است است، که برای این مدل مطلوب ارزیابی می‌شود. جهت برآورد میزان تأثیر هر یک از متغیرها در مدل، از اثر حاشیه‌ای استفاده شده است. جدول (۴) نشان‌دهنده میزان اثر حاشیه‌ای متغیرهای مختلف است. بر اساس این جدول، اثر حاشیه‌ای متغیر $Price$ برابر با $-0/037$ است. این مقدار بیانگر کاهش $0/37$ درصدی در احتمال خرید به‌ازای هزار تومان افزایش در هزینه شارژ خودروی برقی است. برای متغیر $Time$ (برحسب دقیقه)، اثر حاشیه‌ای برابر با $-0/045$ است که با یک دقیقه افزایش در مدت زمان شارژ، احتمال خرید به طور متوسط $0/45$ درصد کاهش می‌یابد. اثر حاشیه‌ای متغیرهای مکان شارژ شامل $Location-Shop$ و $Location-Work$ ، به ترتیب برابر با $0/0734$ و $0/0787$ برآورد شده است و نشان می‌دهد که وجود مکان شارژ در مراکز تجاری یا خرید و محل کار یا تحصیل، به ترتیب، باعث افزایش $7/34$ و $7/87$ درصد خرید خودروی برقی می‌شود.

از جمله متغیرهای تعاملی با اثر حاشیه‌ای بیشتر، می‌توان به $Income-TwoVehicle$ و $Woman-LocationShop$ اشاره کرد. متغیر $Woman-LocationShop$ که حاصل ضرب متغیرهای مجازی جنسیت زنان و مکان شارژ در مراکز تجاری یا خرید است، با اثر حاشیه‌ای $0/4595$ نشان می‌دهد که این ویژگی احتمال خرید را به طور متوسط $45/95$ درصد افزایش می‌دهد. همچنین، متغیر $Income-TwoVehicle$ با اثر حاشیه‌ای $0/1611$ بیانگر این است که داشتن درآمد بالای 30 میلیون تومان و مالکیت بیش از یک وسیله نقلیه در خانوار، احتمال خرید را $16/11$ درصد افزایش می‌دهد.

در صورتی که در امکان شارژ در مراکز تجاری یا خرید فراهم باشد، نیز افزایش پیدا می‌کند. ضریب متغیر EDU نیز منفی شده است که نشان‌دهنده تمایل کمتر افراد دارای تحصیلات کارشناسی‌ارشد و دکتری، نسبت به خرید خودروی برقی است. این یافته می‌تواند به دلیل آگاهی عمیق‌تر این گروه از افراد نسبت به مزایا و محدودیت‌های خودروی برقی، و همچنین نگرانی‌های آن‌ها در ارتباط با مشکلات احتمالی باتری این خودروها باشد، مشکلاتی که ممکن است نیازمند تعمیرات تخصصی و پرهزینه باشد. متغیر $Parking-LocationWork$ نشان می‌دهد در صورتی که محل کار افراد دارای پارکینگ اختصاصی باشد، و محل کار توانایی شارژ را داشته باشد، باعث افزایش تمایل به خرید خودروی برقی می‌شود. پژوهش اسکپیون و گراوود (Skippson & Garwood, 2011) نیز نشان داده است که وجود محل شارژ در محل کار افراد بیشتر باعث می‌شود افراد تمایل بیشتری به خرید و استفاده از خودروی برقی داشته باشند. متغیر نگرشی $N-PriceTime$ نشان‌دهنده افرادی است که اهمیت هزینه و مدت زمان شارژ برای آن‌ها در مقدار زیاد و بسیار زیاد بوده است. این متغیر نشان می‌دهد در صورتی که هر دو متغیر هزینه و مدت زمان شارژ برای فردی اهمیت توامان بیشتری داشته باشد، تمایل کمتری نسبت به خرید از خود نشان داده است. متغیر درآمد ماهیانه افراد به‌تنهایی از معنی‌داری موردنیاز برخوردار نبود، با این حال متغیر $Income-TwoVehicle$ نشان‌دهنده افرادی است که علاوه بر درآمد 30 میلیون در ماه، دارای بیش از یک عدد خودروی شخصی در خانوار هستند. در صورت وجود این شرایط اقتصادی نیز تمایل به خرید خودروی برقی افزایش یافته است. در پژوهش جابوکسن و همکاران (Jakobsson et al., 2016)، اگر خانوار دارای دو خودرو باشد، تمایل بیشتری به خرید و استفاده از خود نشان داده است. این نتیجه می‌تواند به دلیل مسافت کمتر در سفرهای روزانه باشد که به‌طور موثرتری با محدودیت‌های برد این نوع خودروها سازگاری پیدا می‌کند.

متغیرهای $Age-Cat1$ و $Age-Cat2$ که نشان‌دهنده سن افراد است، نشان داده است که بازه‌های مختلف سنی تأثیر متفاوتی بر میزان تمایل به خرید خودروی برقی دارند، افرادی که در بازه سنی 18 تا 30 هستند، تمایل بیشتری به خرید خودروی برقی

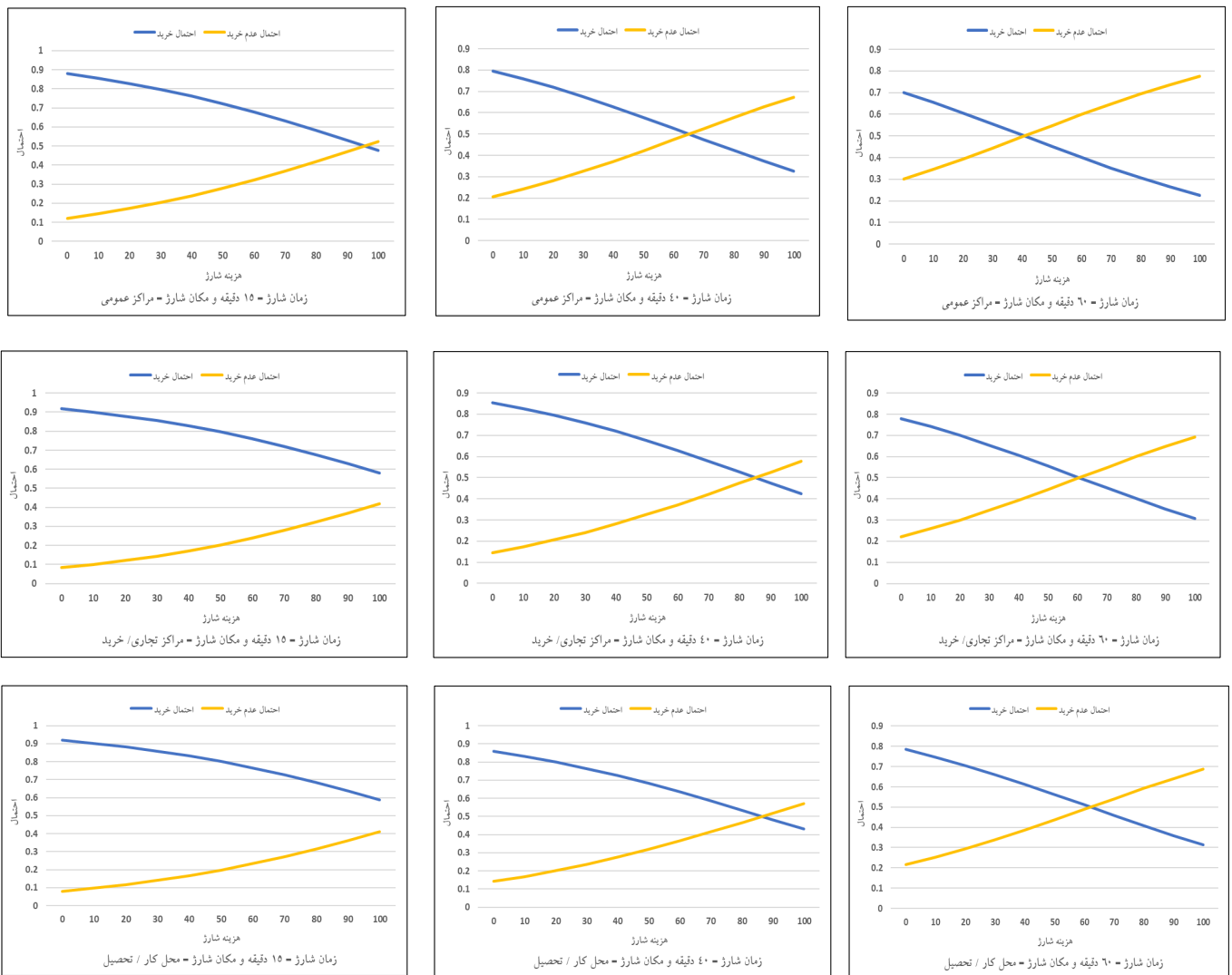
جدول ۴. اثر حاشیه‌ای متغیرهای مدل لجیت دوگانه خرید خودروی برقی تحت شرایط مختلف شارژ

ردیف	نماد متغیر	اثر حاشیه‌ای بر متغیر مستقل
۱	Price	-۰/۰۰۳۷
۲	Time	-۰/۰۰۴۵
۳	Location-Shop	۰/۰۷۳۴
۴	Location-Work	۰/۰۷۸۷
۵	Gender	۰/۰۷۸۸
۶	EDU	-۰/۰۶۹۶
۷	N-PriceTime	-۰/۱۱۱۶
۸	Woman-LocationShop	۰/۴۵۹۵
۹	Parking-LocationWork	۰/۱۴۱۴
۱۰	Income-TwoVeichle	۰/۱۶۱۱
۱۱	Age-Cat1	۰/۰۷۸۰
۱۲	Age-Cat2	۰/۰۶۱۷

می‌افتد، این در صورتی است که برای مدت زمان شارژ ۴۰ و ۶۰ دقیقه این تلاقی به هزینه‌ی ۶۷ و ۴۱ هزار تومان می‌رسد. در مراکز تجاری/خرید و محل کار/تحصیل، توقف طولانی‌تر و انطباق زمان شارژ با فعالیت روزانه حساسیت به هزینه را کاهش می‌دهد اما همچنان افزایش هزینه شارژ در زمان‌های شارژ طولانی منجر به افت قابل توجه احتمال خرید می‌شود، به صورتی که در زمان شارژ ۶۰ دقیقه و هزینه شارژ بالاتر از ۶۱ هزار تومان نقطه تلاقی دو نمودار اتفاق افتاده است. با مقایسه جایگاه این نقاط تلاقی در سناریوهای مختلف، می‌توان دریافت که زمان شارژ و موقعیت مکانی تأثیر قابل توجهی بر تعیین محدوده بهینه هزینه‌های شارژ دارند. به صورتی که با افزایش همزمان هزینه و زمان شارژ نمودارها نقطه تلاقی زودتر را باهم نشان می‌دهند.

شکل (۳)، برای سه مکان شارژ (مراکز عمومی، مراکز تجاری/خرید و محل کار/تحصیل) و سه زمان شارژ (۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه)، تحلیل حساسیت هزینه شارژ خودروی برقی نشان داده شده است. در هر یک از این ۹ نمودار، محور افقی بیانگر افزایش نسبی هزینه شارژ (از ۰ تا ۱۰۰ هزار تومان) و محور عمودی احتمال خرید یا عدم خرید خودروهای برقی را نشان می‌دهد که منحنی آبی «احتمال خرید» و منحنی زرد «احتمال عدم خرید» را نمایش می‌دهند. روند کلی در تمام سناریوها حاکی از آن است که با افزایش هزینه شارژ، منحنی احتمال خرید نزولی و در مقابل، احتمال عدم خرید افزایش می‌یابد. مقایسه زمان شارژ در یک مکان مشخص نشان می‌دهد هرچه زمان شارژ کوتاه‌تر باشد، شیب افت احتمال خرید در مواجهه با هزینه‌های بالاتر کم‌تر است و بالعکس.

همچنین در ردیف‌های مختلف نمودار (مکان‌های شارژ مختلف) مشاهده می‌شود که شرایط و نوع کاربری مکان شارژ بر رفتار خریداران اثر می‌گذارد؛ در مراکز عمومی، افراد صرفاً به جهت شارژ توقف داشته و در صورتی که زمان شارژ طولانی نشود، کاربران حاضر به پرداخت هزینه‌های بالاتر جهت خرید خودروی برقی می‌باشند و نقطه تلاقی دو منحنی که بیانگر آستانه‌ای است که بالاتر از آن، احتمال عدم خرید از احتمال خرید پیشی می‌گیرد، در هزینه شارژ ۹۶ هزار تومان اتفاق



شکل ۳. تحلیل حساسیت هزینه شارژ خودروی برقی در سناریوهای مختلف پژوهش

۵- نتیجه گیری

مورد استفاده در این پژوهش از طریق پرسشنامه‌ای که به همین جهت طراحی شده و به صورت مصاحبه حضوری از ۳۶۶ نفر از شهروندان تهرانی در تابستان ۱۴۰۳، جمع‌آوری شده است. نتایج پرداخت مدل لجیت دوگانه و تحلیل اثرات حاشیه‌ای، در قالب توصیه‌های سیاستی جهت افزایش تمایل به خرید خودروی برقی، به شرح زیر ارائه می‌شود.

-هزینه شارژ با ضریب (۰/۰۲۰۸۰-) نشان‌دهنده رابطه معکوس با تمایل به خرید است و اثر حاشیه‌ای نشان می‌دهد که افزایش هزار تومان در هزینه شارژ، علاقه‌مندی به خرید را ۰/۳۷ درصد کاهش می‌دهد. همچنین در ایران، با توجه به هزینه اندک سوخت‌های فسیلی، حساسیت بیشتری نسبت به هزینه شارژ وجود دارد. بنابراین، ارائه شرایط شارژ با هزینه پایین‌تر از

استفاده از خودروی برقی به‌عنوان یکی از راهکارها در کاهش آلودگی هوای کلان‌شهرها مورد توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران قرار گرفته است. این خودروها به دلیل حذف سوخت‌های فسیلی و عدم انتشار دی‌اکسید کربن، بهبود معناداری در کیفیت هوای شهری به همراه دارند. مطالعات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که شناسایی ویژگی‌ها و رفتار کاربران، می‌تواند فرایند خرید و استفاده از خودروی برقی در بازار را تسهیل کند. بر همین اساس و با توجه به شروع ورود خودروهای برقی به ایران و پیش‌بینی توسعه آتی این بازار و عدم وجود پژوهشی پیرامون تمایل افراد نسبت به خرید این خودروها، این پژوهش با تمرکز بر نقش عوامل مختلف شارژ از جمله هزینه، مدت‌زمان و مکان شارژ، به ارزیابی اثرات این شرایط بر تصمیم‌گیری خرید خودروی برقی پرداخته است. داده‌های

بررسی ضرایب متغیرهای مجازی در بازه‌ی سنی ۱۸-۳۰ سال با ضریب (۰/۴۴۰) و بازه‌ی سنی ۳۱-۴۵ سال با ضریب (۰/۳۴۸)، نشان می‌دهد که خرید خودروی برقی برای افراد جوان جذابیت بیشتری دارد، درحالی‌که با افزایش سن، این تمایل کاهش می‌یابد. این اختلاف ممکن است به دلیل عدم تمایل افراد میان‌سال به تغییر عادات تثبیت‌شده خود باشد. از سوی دیگر، جوان‌ترها نگرش مثبت‌تری نسبت به فناوری‌های نوین و دوستدار محیط‌زیست دارند که احتمالاً به افزایش تمایل آن‌ها به خرید خودروی برقی منجر می‌شود.

باتوجه به ضریب منفی متغیر مجازی تحصیلات تکمیلی (۰/۳۹۳-)، رفع نگرانی‌های افراد دارای تحصیلات تکمیلی می‌تواند نقش مؤثری در تسهیل خرید خودروی برقی داشته باشد. تحلیل اثر حاشیه‌ای این متغیر نشان می‌دهد که در این افراد تمایل به خرید خودروی برقی به میزان ۶/۹ درصد کاهش می‌یابد. از جمله مهم‌ترین نگرانی‌ها، می‌توان به استفاده مجدد از منابع سوخت‌های فسیلی و همچنین مسائل مرتبط با پایداری و دوام باتری‌های خودروی برقی اشاره کرد. ارائه راهکارهای مناسب می‌تواند اعتماد این گروه از کاربران را به خودروی برقی افزایش داده و زمینه‌ساز خرید و استفاده گسترده‌تر این خودروها در جامعه شود.

یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که موفقیت در گسترش خرید و استفاده از خودروی برقی مستلزم سیاست‌های جامعی است که هم به مسائل زیرساختی نظیر مکان و تعداد ایستگاه‌های شارژ و هم به سیاست‌های مالی همچون کاهش هزینه‌های شارژ توجه کند. پیشنهاد می‌شود، تحقیقات آینده با تمرکز بر تأثیر سیاست‌های حمایتی و آگاهی‌بخشی عمومی در تغییر نگرش نسبت به خودروی برقی مورد بررسی قرار گیرد.

سوخت فسیلی یا حتی رایگان، می‌تواند مشوق مناسبی برای افزایش تمایل به خرید باشد.

مدت‌زمان شارژ با ضریب (۰/۲۵۴۴-) از دیگر عواملی است که به کاهش تمایل به استفاده از خودروی برقی منجر می‌شود و اثر حاشیه‌ای، نشان‌دهنده کاهش ۰/۴۵ درصدی به ازای افزایش هر دقیقه در زمان شارژ است. با پیشرفت فناوری‌های نوین و توسعه ایستگاه‌های شارژ سریع، امکان کاهش مدت زمان شارژ به‌طور چشمگیری فراهم شده است؛ به گونه‌ای که ایستگاه‌های شارژ سریع قادرند در کمتر از ۳۰ دقیقه، بخش قابل توجهی از ظرفیت باتری را پر کنند. استفاده از فناوری‌های شارژ سریع در ایستگاه‌های شارژ، نقش اثرگذاری در افزایش تمایل به خرید توسط کاربران دارد.

ایجاد ایستگاه‌های شارژ در مکان‌هایی غیر از مراکز عمومی، تأثیر مثبتی بر افزایش خرید خودروی برقی می‌گذارد. به صورتی که کاربران نسبت به ایستگاه‌های شارژ در مکان‌هایی مانند محل کار یا تحصیل (با ضریب ۰/۴۴۴) و مکان‌های تجاری یا خرید (با ضریب ۰/۴۱۵) تمایل بیشتری به استفاده از خودروی برقی نشان داده‌اند. این ترجیح می‌تواند به دلیل دسترسی آسان‌تر و امکان انجام هم‌زمان امور روزمره در این مکان‌ها باشد. انجام هم‌زمان امور روزمره مانند خرید، کار یا تحصیل در هنگام شارژ خودرو، بهره‌وری زمانی کاربران را بهبود بخشیده و به‌عنوان یک مزیت کاربردی تلقی می‌شود.

در مورد متغیرهای اجتماعی - اقتصادی، نتایج نشان می‌دهد که ۱- زنان در مقایسه با مردان علاقه بیشتری به استفاده از خودروهای برقی دارند و ۲- افرادی که درآمد ماهانه آن‌ها بیش از ۳۰ میلیون تومان است و در خانوار خود مالک بیش از یک خودرو هستند، تمایل بیشتری به خرید خودروهای برقی از خود نشان می‌دهند.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Mixed Logit
2. Full Factorial Design
3. Alternating Current Semi-Fast Charge
4. Direct Current Fast Charge

- Production*, 253, 119911.
doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119911
- Li, H., Yu, L., Chen, Y., Tu, H., & Zhang, J. (2023). Uncertainty of available range in explaining the charging choice behavior of BEV users. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 170, 103624.
doi.org/10.1016/j.tra.2023.103624
- Louviere, J. J., Hensher, D. A., & Swait, J. D. (2003). Stated choice methods: Analysis and applications. *Cambridge University Press*.
- Ma, W., Chen, J., & Ke, H. (2021). Electric Vehicle Assignment Considering Users' Waiting Time. *Sustainability*, 13(23), 13484.
doi.org/10.3390/su132313484
- Pan, L., Yao, E., & MacKenzie, D. (2019). Modeling EV charging choice considering risk attitudes and attribute non-attendance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 102, 60–72.
doi.org/10.1016/j.trc.2019.03.007
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2023). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. *Our World in Data*.
- Schulz, F., & Rode, J. (2022). Public charging infrastructure and electric vehicles in Norway. *Energy Policy*, 160, 112660.
doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112660
- Skippon, S., & Garwood, M. (2011). Responses to battery electric vehicles: UK consumer attitudes and attributions of symbolic meaning following direct experience to reduce psychological distance. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(7), 525–531. **doi.org/10.1016/j.trd.2011.05.005**
- Solvi Hoen, F., Díez-Gutiérrez, M., Babri, S., Hess, S., & Tørset, T. (2023). Charging electric vehicles on long trips and the willingness to pay to reduce waiting for charging. Stated preference survey in Norway. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 175 (January). **doi.org/10.1016/j.tra.2023.103774**
- Zhang, Q., Li, H., Zhu, L., Campana, P. E., Lu, H., Wallin, F., & Sun, Q. (2018). Factors influencing the economics of public charging infrastructures for EV – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94 (August 2017), 500–509.
doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.022
- California Air Resources Board. (2017). *California's Advanced Clean Cars Midterm Review Appendix G: Plug-in Electric Vehicle In-Use and Charging Data Analysis*. 29.
- Cherchi, E. (2017). A stated choice experiment to measure the effect of informational and normative conformity in the preference for electric vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 100, 88–104.
doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.009
- Egbue, O., & Long, S. (2012). Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions. *Energy Policy*, 48, 717–729.
doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.009
- Hanni, U. e., Yamamoto, T., & Nakamura, T. (2024a). An Analysis of Electric Vehicle Charging Intentions in Japan. *Sustainability (Switzerland)*, 16(3), 1–22.
doi.org/10.3390/su16031177
- Hanni, U. e., Yamamoto, T., & Nakamura, T. (2024b). Modeling of the Acceptable Waiting Time for EV Charging in Japan. *Sustainability (Switzerland)*, 16(6), 1–18.
doi.org/10.3390/su16062536
- Hardman, S., Jenn, A., Tal, G., Axsen, J., Beard, G., Daina, N., Figenbaum, E., Jakobsson, N., Jochem, P., Kinnear, N., Plötz, P., Pontes, J., Refa, N., Sprei, F., Turrentine, T., & Witkamp, B. (2018). A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 508–523.
doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.002
- Jabeen, F., Oлару, D., Smith, B., Braunl, T., & Speidel, S. (2013). Electric vehicle battery charging behaviour: Findings from a driver survey. *Australasian Transport Research Forum, ATRF 2013 - Proceedings*.
- Jakobsson, N., Gnann, T., Plötz, P., Sprei, F., & Karlsson, S. (2016). Are multi-car households better suited for battery electric vehicles? – Driving patterns and economics in Sweden and Germany. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 65, 1–15.
doi.org/10.1016/j.trc.2016.01.018
- Kumar, R. R., & Alok, K. (2020). Adoption of electric vehicle: A literature review and prospects for sustainability. *Journal of Cleaner*

Evaluating the Impact of Various Charging Conditions on Consumer Preferences for Electric Vehicle Purchase

*Mahmoud Reza Nateghi, M.Sc., Grad., Faculty of Civil & Environmental Engineering,
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.*

*Amir Reza Mamdoohi, Associate Professor, Faculty of Civil & Environmental Engineering,
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran; &
Adjunct Professor, Department of Civil, Geological & Mining Eng., Polytechnique Montréal,
Canada.*

E-mail: armamdoohi@modares.ac.ir

Received: April 2025- Accepted: November 2025

ABSTRACT

The significant contribution of urban transportation to greenhouse gas emissions highlights electric vehicles (EVs) as an effective solution for reducing these pollutants. Implementing effective policies and creating the necessary conditions to enhance users' willingness to purchase and use EVs require identifying the key influencing factors. This study evaluates the impact of different EV charging conditions (including cost, duration, and location) on users' purchasing preferences. Data for this research were collected through a questionnaire designed for this purpose, administered via face-to-face interviews with 366 Tehran residents during the summer of 2024. The results of a discrete choice model of the binary logit type indicate that increasing charging costs and duration significantly reduce the likelihood of purchasing an EV. Specifically, marginal effect analysis shows that for every 10,000 IRR increase in charging costs, the willingness to purchase an EV decreases by 0.37%, and for each additional minute of charging time, this willingness drops by 0.45%. Additionally, younger individuals, women, and those with access to non-public charging facilities (such as commercial centers, shopping malls, and workplaces) exhibit a higher inclination to purchase EVs, whereas individuals with postgraduate education demonstrate lower willingness. The analysis of different interaction variable combinations in the modeling process reveals that the interaction term between "monthly income exceeding 300 million IRR" and "households owning more than one vehicle" has a positive effect on the decision to adopt EVs. The findings of this study can serve as a foundation for effective policymaking aimed at increasing user motivation in choosing electric vehicles.

Keywords: Electric Vehicle Purchase, User Preferences, Binary Logit, Impact Assessment of Charging Conditions, Stated Preference