

Analysis of the challenges and solutions for the expansion of knowledge-based production and the utilization of electric buses in Iran

Hamidreza Tahouri ¹✉, Hassan Torabi ²

1- Associate Professor, Department of Management and Industrial Engineering, Malek-ashtar University of Technology, Tehran, Iran

2- Ph.D. Researcher and Instructor, Management and Industrial Engineering School, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

Abstract:

Utilizing electric buses has a great effect on reducing air pollution and traffic in the world and especially in Iran. The purpose of this article was to examine the challenges facing Iran to produce and benefit from the mentioned vehicle and solutions to overthrow these challenges. Data was collected through documentary studies and in-depth semi-guided interviews and analyzed through qualitative content analysis. In this research, 72 propositions were categorized in the form of 15 subcategories and finally 6 main categories. The main categories were empowerment, cost, technological cooperation and cultural alignment. Then, action was taken to form focus groups and the extracted challenges and solutions were validated and finalized. Among the important challenges are the indigenization of drive components and battery packs, the unaffordability of bus operations, the high price of electric buses and the non-implementation of relevant laws to help the production of this product, the lack of infrastructure to conduct some specialized tests to receive the standard, the lack of coordination of manufacturing companies with each other, and the lack of required culture to use this new product. The important proposed solutions include internalizing the electric motor and accessories through product breakdown and government support for domestic companies, creating a joint supply chain for bus manufacturing companies, preparing a business model based on public-private partnership, and implementing article 12 of the Removing Production Obstacles Act, cultural and promotional measures based on the requirements of technology and new products, design of night charging system for bus batteries and design of electric base buses.

Keywords: Electric Bus, Transportation, Focus Group, Content Analysis, Challenge

DOI: 10.22034/jmi.2022.300604.2838

1. ✉Corresponding author: tahouri@atf.gov.ir
2. h_torabi@mut.ac.ir



تحلیل چالش‌ها و راهکارهای گسترش تولید دانش‌بنیان و

استفاده از اتوبوس‌های برقی در ایران

نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰) صفحات ۴۶-۷۱

دوره ۱۶ شماره ۴ (پیاپی ۵۸)

زمستان ۱۴۰۱

حمیدرضا طهوری^۱ استادیار گروه مدیریت دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.
حسن ترابی^۲ دانش آموخته دکترا، مدرس و محقق، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

چکیده

استفاده از اتوبوس‌های برقی بر کاهش آلودگی هوا و ترافیک در جهان و مخصوصاً ایران تأثیر زیادی دارد. هدف این مقاله بررسی چالش‌های پیش روی کشور برای تولید و بهره‌مندی از این محصول و راهکارهای رفع این چالش‌ها بود. در این تحقیق از طریق مطالعات اسنادی و انجام مصاحبه‌های عمیق نیمه‌هدایت شده، داده‌ها جمع‌آوری و از طریق روش تحلیل محتوای کیفی مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق تعداد ۷۲ گزاره در قالب ۱۰ مقوله فرعی و در نهایت ۶ مقوله اصلی دسته‌بندی شدند که مقوله‌های اصلی عبارت بودند از توانمندسازی، هزینه، همکاری فناوریانه و همسوسازی فرهنگی. سپس نسبت به تشکیل گروه‌های متمرکز اقدام و چالش‌ها و راهکارهای استخراج شده اعتبار سنجی و نهایی شدند. از جمله چالش‌های مهم عبارتند از داخلی سازی اجزای قوای محرکه و باتری پک، مقرون به صرفه نبودن عملیات اتوبوس رانی، قیمت بالای اتوبوس برقی و اجرایی نشدن قوانین موضوعه برای کمک به تولید این محصول، کمبود زیرساخت انجام برخی آزمونهای تخصصی برای دریافت استاندارد، هماهنگ نبودن شرکتهای سازنده با یکدیگر و نقصان فرهنگ سازی برای استفاده از این محصول جدید. راهکارهای مهم پیشنهادی هم عبارتند از داخلی سازی موتور الکتریکی و متعلقات از طریق شکست محصول و حمایت دولتی از شرکتهای داخلی، ایجاد زنجیره تأمین مشترک برای شرکتهای اتوبوس ساز، تهیه مدل کسب و کار مبتنی بر مشارکت دولتی - خصوصی و اجرای ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید، اقدامات فرهنگی و ترویجی مبتنی بر اقتضانات فناوری و محصول جدید، طراحی سامانه شب شارژ باتری‌های اتوبوس و طراحی اتوبوس‌های پایه برقی.

واژگان کلیدی: اتوبوس برقی، حمل و نقل، گروه مرکزی، تحلیل محتوا، چالش

۱. مسئول مکاتبات: tahouri@atf.gov.ir

۲. h_torabi@mut.ac.ir

۱- مقدمه

حمل و نقل عمومی ظرفیت بالایی را برای نفوذ قابل توجه فناوری‌های جایگزین به بازار به ویژه در زمینه اتوبوس‌های درون شهری ارائه می‌دهد. ابتکارات برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تعهدات مرتبط با پروتکل کیوتو و بی‌ثباتی در قیمت نفت، سیاست‌گذاران را وادار به اجرای فناوری‌های جایگزینی می‌کند که جایگزین تحرک وابسته به نفت خواهد شد. نگرانی تمام شدن منابع فسیلی از یک سوی و مسائل بفرنج زیست محیطی از سوی دیگر، استفاده از منابع سوختی غیرفسیلی و پاک تر را مطرح ساخته است. استفاده از خودروهای تمام الکتریکی به جای خودروهای احتراقی، به کارگرفتن انرژی خورشیدی، پیل‌های سوختی و ابرخان‌ها به عنوان روش‌های جایگزین، پیشنهاد شده‌اند. در این میان، خودروهای الکتریکی از جمله مؤثرترین راه‌حل‌های عملی برای کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی، افزایش بهره‌وری سوخت در خودروها و دستیابی به محیط زیست پاک می‌باشد. از این رو، خودروهای الکتریکی حائز جایگاه ویژه‌ای در اهداف بلندمدت کنترل آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی کره زمین هستند. از سال ۲۰۲۵ خودروسازها در اتحادیه اروپا ملزم به برقی سازی خودروها خواهند بود و کلیه خودروسازان مطرح جهان سهم اعظم سبد فناوری خود را به فناوری برقی و هیبرید اختصاص خواهند داد (اوجانی ۱۴۰۰). بدون شک توسعه بازار خودروهای الکتریکی به عنوان عامل اصلی در توسعه این اکوسیستم شناخته می‌شود. تعداد خودروهای برقی فروش رفته در طول سال‌های گذشته رشد چشمگیری داشته و پیش‌بینی می‌شود در بسیاری از کشورهای جهان روند رو به رشد فروش این خودروها ادامه داشته باشد (نمودار ۱).



نمودار ۱- رشد فروش خودروهای برقی و هیبریدی در جهان (ارقام بر اساس واحد ۱۰۰۰ دستگاه است) (Jones 2021)

مسئله اصلی در کشور ما آلودگی هواست. سازمان محیط زیست کشور، در مرحله اول پروژه محاسبات سیاهه انتشار آلاینده‌ها، مواردی شامل مونوکسید کربن (CO)، اکسیدهای نیتروژن (NOx)، هیدروکربن‌های آلی فرار (VOCs)، اکسیدهای گوگرد (SOx) و ذرات معلق (PM) را مطرح کرده است که مخصوصاً در فصول سرد سال، نفس کلانشهرها را به شماره می‌اندازند. این سیاهه میتواند به منظور بررسی میزان اثربخشی راهکارهای کاهش آلودگی هوا همچون بازنگری و به‌روزرسانی استانداردهای دودکش، آگزوز و فرآیند سوخت خودروها به کار رود (زیست ۱۳۹۸). شواهد نشان می‌دهد که اگر بخواهیم گام‌هایی برای کاهش تغییرات آب و هوایی و اثرات زیست‌محیطی سوخت‌های فسیلی برداریم؛ نقش اتوبوس‌های برقی در حمل و نقل عمومی اهمیت چشمگیر دارد. چندین جایگزین الکتریکی در حال حاضر عملیاتی شده‌اند و بحث در مورد اینکه کدام مناسب‌تر است توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده است. مطالعات متعددی وجود دارد که اثرات فنی اقتصادی و زیست‌محیطی اتوبوس‌های برقی را مدل‌سازی و کمی می‌کند. این مطالعات عمدتاً در سه حوزه زیست‌محیطی، اقتصادی و انرژی توسعه یافته‌اند. وابستگی کشور در حوزه حمل و نقل شهری و بین‌شهری به فناوریهای خارج از کشور، زیان‌هایی به کشور وارد نموده است. با کوچکترین نوسانات سیاسی، سیستم حمل و نقل عمومی کشور دچار بحران می‌شود. این وابستگی سبب شده است شرکت‌ها و کشورهای صاحب فناوری از ضعف فناوریهای کشور سوءاستفاده نمایند. همچنین کهنوت ناوگان و فرسودگی آن، در صورتی که همراه با بازسازی نباشد؛ موجب کمبود و عدم برآورده شدن تقاضا می‌شود که تبعات اجتماعی به همراه دارد. در عین حال، مصرف بالای سوخت‌های فسیلی که در ایران یارانه‌های سنگین دریافت می‌نمایند بار مالی فراوانی به کشور وارد می‌کند. آلودگی شدید هوا هم یک معضل انسانی توسعه شهری در کشور است که نیاز به توسعه حمل و نقل پاک و برقی را گریزناپذیر نموده است (اوجانی ۱۴۰۰). لذا در این پژوهش سعی شد تا موانع و راهکارهای گسترش تولید و استفاده از اتوبوس‌های برقی را بررسی نماییم و به دو سؤال اساسی در این زمینه پاسخ دهیم. اولاً مهم‌ترین موانع تولید دانش‌بنیان و استفاده از اتوبوس‌های برقی در کشور چیست؟ و ثانیاً چه راهکارهایی برای غلبه بر موانع و تسهیل بهره‌مندی از این خودروها وجود دارد؟ در ادامه مروری بر ادبیات و تاریخچه صنعت خودروهای الکتریکی خواهیم داشت. پس از آن روش پژوهش، تحلیل داده‌ها و بیان یافته‌ها و نهایتاً نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

۲- پژوهش و چارچوب نظری

۲-۱- مرور ادبیات

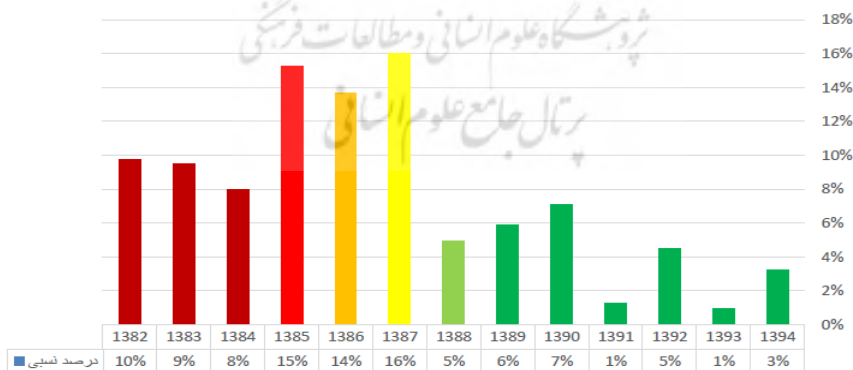
اولین اتوبوس‌های باطری-برقی در لندن در سال ۱۹۰۷ معرفی شدند. انرژی این اتوبوس‌های برقی با باتری‌های سرب اسیدی به وزن ۱٫۵ تن تأمین می‌شد. این اتوبوس با یک بار شارژ می‌توانست ۳۴ مسافر را در مسافتی به طول ۶۰ کیلومتر حمل کند. به منظور افزایش دامنه خدمات، تعویض باتری در زمان ناهار انجام میشد. با این حال، این توسعه فناورانه به دلیل تقلب در حق ثبت اختراع متوقف شد. در ایالات متحده، حمل و نقل منطقه ای در دنور، شش اتوبوس باطری-برقی ساخته شده توسط شرکت بی‌ام‌آی را به منظور کاهش آلودگی هوا در نزدیکی یک مرکز خرید بزرگ در مرکز شهر دنور خریداری کرد. گفتنی است تلاش‌هایی برای گسترش بُرد عملیاتی در سال ۱۹۸۲، مانند استفاده از تعویض باتری و شارژ جزئی صورت گرفت. منطقه حمل و نقلی متروپولیتن (MTD) در سانتا باربارا، کالیفرنیا دو اتوبوس بطری-برقی را در سال ۱۹۹۱ معرفی کرد. (Li 2016). اما در ایران، سری نخست اتوبوس‌های برقی از سال ۱۳۷۱ در سیستم حمل و نقل شهری تهران به کار گرفته شد. در سال ۱۳۸۸ هم، سری دوم این اتوبوس‌ها وارد ناوگان حمل و نقل شهری تهران شدند. به دلایل مشکلات زیادی که این نوع از اتوبوس‌ها داشتند، بعداً این اتوبوس‌ها جمع‌آوری و کنار گذاشته شدند اما در سال ۱۳۹۹، مدیر عامل شرکت واحد اتوبوسرانی تهران گفتند که این اتوبوس‌ها با شکل و ظاهری نو، به تهران برمی‌گردند.

در یک حوزه اجتماعی به نام «شهر» برقراری برخی الزامات از مهمترین عوامل تداوم حیات بوده و کلیه ارکان آن می‌بایست با همگن‌سازی کنش‌های جمعی، محیط زیست مناسب و درخور واژه «زندگی» را محقق نمایند و در جلوگیری از پیدایش مخاطراتی که این مهم را تهدید می‌نماید، اهتمام ورزند. در سال‌های اخیر، یکی از بحران‌های موجود که زندگی جمعی در شهرها را با مشکل مواجه نموده، آلودگی هوا و آلودگی صوتی ناشی از عبور و مرور وسایل نقلیه بوده که ضمن بروز مشکلات عدیده، تهدید سلامت جسم و روان انسانها را در پی داشته است. انتخاب جایگزین‌های جدید برای وسایل حمل و نقل کنونی به عوامل مختلفی بستگی دارد. این عوامل از جمله شامل لجستیک انرژی، ارزیابی هزینه-فایده، زیرساخت و پذیرش عمومی است. از این نظر، حمل و نقل عمومی پتانسیل بالایی را برای نفوذ قابل توجه فناوری‌های جایگزین به بازار ارائه می‌دهد. وسایل نقلیه جمعی مجهز به موتور احتراق داخلی مانند اتوبوس‌ها که در جایجایی‌های روزمره انسان‌ها نقش بسیار مهمی دارند، با مصرف گازوییل که از درجه کیفی پایینی برخوردار است، یکی از مهمترین عوامل آلاینده به حساب می‌آیند. ۶۰ درصد آلودگی هوای شهر تهران در پی فعالیت منابع آلاینده متحرک ایجاد می‌شود. بخشی از منابع متحرک آلودگی که عمدتاً فرسوده شده‌اند و کیفیت و استاندارد لازم را ندارند و به آلودگی موجود در هوای شهر می‌افزایند، اتوبوس‌ها هستند. بر اساس اعلام پلیس راهنمایی و رانندگی ۳۲ درصد از کل وسایل نقلیه در کشور

¹Metropolitan Transit District

فروخته است و به‌طور اختصاصی ۶۰۰۰ هزار دستگاه اتوبوس شخصی و دولتی در سطح شهر تهران فعالیت دارند که میانگین عمر آن‌ها ۱۳ سال است، در حالی که حداکثر عمر مفید این اتوبوس‌ها ۱۰ سال می‌باشد. نوسازی این ناوگان فروخته می‌تواند اولویت بالاتری نسبت به برخی طرح‌های ذکر شده در قانون هوای پاک داشته باشد (حمیدی ۱۴۰۰). به این ترتیب و بر مبنای نگرش industry ۴,۰ و همچنین نظر به توسعه روزافزون شاخص electrification در نسل جدید وسایل نقلیه، طرح تولید اتوبوس مجهز به قوای محرکه الکتریکی در کشور فعال شده است. فناوری اتوبوس‌های برقی می‌تواند عملیاتی، آزمایش و بهینه شده و به کاهش آلودگی هوا کمک کند. در حال حاضر چندین پیشرانه برای اتوبوس‌های شهری در بازار معرفی شده اند که هر کدام مزایای خاصی را ارائه می‌دهند که می‌تواند برای به حداقل رساندن آلودگی هوا مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، انتخاب یک پیشرانه مناسب برای هر زمینه به عوامل مختلفی مانند هزینه، ساختار شبکه، منبع انرژی و شرایط رانندگی بستگی دارد. برای استفاده بهینه از هر فناوری، تعادل بین ویژگی‌های مختلف لازم است.

در خصوص کلان‌شهرهای ایران هیئت وزیران در تاریخ ۱۸ / ۰۷ / ۱۳۹۷ «آیین نامه اجرایی ماده ۸ قانون هوای پاک» را به تصویب رسانده است و دستگاه‌های اجرایی را موظف به اجرا و رعایت این برنامه کرده است. براساس این برنامه حداکثر سن اتوبوس‌های درون شهری دیزلی ۱۰ سال، گازسوز ۱۲ سال و اتوبوس‌های برقی منوط به بازسازی برابر ۲۰ سال در نظر گرفته شده است و پلیس انتظامی موظف است از تردد خودروهایی با بیش از این سن، جلوگیری نماید. این در حالی است که عمده اتوبوس‌های شهر تهران از سال ۱۳۸۷ به قبل خریداری شده اند و عمر آنها بیش از ۱۰ سال می‌باشد. به طور نسبی ۷۲٪ از کل اتوبوس‌های شهر تهران از سال ۱۳۸۷ به قبل خریداری شده و نیازمند نوسازی گسترده می‌باشند. درصد نسبی مدل اتوبوس‌ها در نمودار ۲ قابل مشاهده است.



نمودار ۲- سال خرید کل اتوبوس‌های شرکت واحد- درصد نسبی (خبری ۱۳۹۹)

در راستای تحقق اهداف کلان کشور در حوزه برقی سازی و هوشمندسازی حمل و نقل عمومی، با فرا رسیدن بهار ۱۳۹۹، هسته مرکزی این طرح تشکیل شد و مجموعه مکو (زیر گروه مینا) به عنوان طراح و تأمین کننده قوای محرکه و سیستم ذخیره انرژی الکتریکی از یک سو و از سوی دیگر شرکت عقاب افشان به عنوان طراح و تولیدکننده بدنه و سایر اجزای اتوبوس، با امضای تفاهم نامه و ثبت شرکت مشترک به نام «شتاب (شرکت تولید اتوبوس برقی)» تولید اولین محصول داخلی در این حوزه را به نام خود رقم زدند.

(Coffman, Bernstein et al. 2017) بیان کردند که گرچه بهره مندی از خودروهای برقی در مدت زمان کوتاهی قابل توجه بوده است، اما اکثر اهداف دولت برای پذیرش این فناوری محقق نشده است. آنها با بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش وسایل حمل و نقل الکتریکی، دو شکاف مهم دانشی را شناسایی کردند: اول اینکه، شواهد متفاوتی از اثربخشی مشوق‌های دولتی در تشویق به استفاده از وسایل حمل و نقل الکتریکی وجود دارد. زیرساخت عمومی شارژ، یک عامل مهم مرتبط با پذیرش وسایل حمل و نقل الکتریکی است، اما جهت این علیت، هنوز واضح نیست. این زیرساخت‌ها برای وسایل نقلیه الکتریکی دارای باتری، می‌تواند اضطراب طی مسافت طولانی با این وسایل نقلیه را کاهش دهد اما چگونگی تضمین تأمین این ساختار از سوی دولت مشخص نیست. دوم اینکه، تحقیقات بازار نوپای خودروهای برقی عمدتاً بر روی نظرسنجی در مورد موقعیت‌های فرضی تکیه دارد. در حالی که شواهد قوی وجود دارد که خریدهای واقعی بسیار کمتر از ترجیحات بیان شده مصرف‌کنندگان است. درک این شکاف «نگرش-عمل» برای مطالعات آتی در مورد پذیرش وسایل حمل و نقل الکتریکی در طول زمان مهم است.

در یک مطالعه پژوهشی ویژگی‌های عملکردی مختلف برای سه دسته اتوبوس‌های برقی: هیبریدی، پیل سوختی و باتری به دقت بررسی شد. به گونه‌ای که ویژگی‌های اقتصادی، عملیاتی، انرژی و زیست محیطی هر فناوری به تفصیل بر اساس مدل‌های شبیه‌سازی و داده‌های عملیاتی در زمینه‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفت. این بررسی نشان داد که فرآیند انتخاب فناوری الکتریکی به زمینه عملیاتی و مشخصات انرژی بسیار حساس است. علاوه بر این، اتوبوس‌های هیبریدی کاهش قابل توجهی در گازهای گلخانه‌ای ایجاد نمی‌کنند و تنها برای اهداف کوتاه‌مدت به‌عنوان گامی برای برقرسانی کامل حمل‌ونقل مناسب هستند. اتوبوس‌های دارای باتری و پیل سوختی احتمالاً می‌توانند نیازهای عملیاتی فعلی را برآورده کنند، اما سرمایه‌گذاری اولیه همچنان یک مانع بزرگ است. با توجه به پیشرفت‌های مورد انتظار در فناوری باتری و گرایش به استفاده از منابع پایدار در تولید برق، اتوبوس برقی باتری شبانه به عنوان مناسب‌ترین جایگزین برای حمل و نقل اتوبوسی مورد حمایت قرار می‌گیرد (Mahmoud, Garnett et al. 2016).

در یک مطالعه برای بررسی تأثیر چندین مشوق بالقوه سیاست‌گذاری و همچنین مؤلفه‌های اجتماعی-روانشناختی بر روی پذیرش خودروی الکتریکی، از ساخت‌های مدل فرانظری تغییر (TTM)¹ و نظریه انگیزش محافظت (PMT) استفاده شد. بر این اساس، اگر سیاست‌گذاری منجر به کاهش هزینه عمومی استفاده از خودروی الکتریکی شود؛ احتمال پذیرش افزایش می‌یابد. همچنین، پارک رایگان و دسترسی به خطوط مخصوص اتوبوس، این مشوق‌ها را به گزینه‌ای کاراتر در مقایسه با یارانه‌های پر هزینه، تبدیل می‌کند. از سوی دیگر، احتمال پذیرش خودرو الکتریکی برای افرادی که تمایل بیشتری به تغییر رفتار دارند؛ بالاتر است. اما پاسخ به یارانه‌ها (به عنوان مشوقی برای پذیرش این فناوری) در افرادی که در مراحل پیشرفته‌تر تغییر هستند؛ کمتر است. علاوه بر این، آنها نتیجه گرفتند که افرادی که باور به تأثیرگذاری خودرو الکتریکی در کاهش آثار بیرونی منفی سامانه جاری حمل و نقل دارند؛ با احتمال بیشتری این نوع خودروها را انتخاب می‌کنند. این امر در مورد افرادی نیز که الگوی مسافرتی آنها با استفاده از خودرو الکتریکی سازگار است؛ صدق می‌کند (Langbroek, Franklin et al. 2016).

(Javid and Nejat 2017) در مطالعه خود دریافتند که درآمد خانوار، حداکثر سطح تحصیلات در خانوار، تعداد ایستگاههای شارژ در یک محدوده مشخص و قیمت گاز در منطقه، می‌توانند پذیرش خودروهای الکتریکی شارژی را تحت تأثیر قرار دهند.

در یک تحلیل تطبیقی کیفی، سازوکارهای سیاست‌گذاری و مشوق‌ها برای پذیرش وسایل حمل و نقل الکتریکی بررسی شد. تجزیه و تحلیل فراوانی پاسخ‌های کدگذاری شده، این موارد را مشخص کرد: سازوکارهای کاهش هزینه به‌ویژه معافیت‌های مالیاتی، پشتیبانی زیرساختی برای شارژ عمومی و آپارتمانی، آگاهی مصرف‌کننده به ویژه کمپین‌های اطلاعاتی و سایر اقدامات سیاستی خاص مانند برنامه‌های تدارکاتی (Kester, Noel et al. 2018).

کومار و همکاران (Kumar, Jha et al. 2020) با توجه به هزینه بالای وسیله نقلیه الکتریکی، کمبود زیرساخت و ضعف در قدرت خرید مشتریان هندی، به نقش حیاتی تسهیم اقتصاد و خدمات عمومی در ترویج پذیرش وسیله نقلیه الکتریکی اشاره می‌کنند. چشم انداز اقتصاد اشتراکی فرصت‌های مختلفی را برای دولت فراهم می‌کند تا منابع (سیستم حمل و نقل با انرژی الکتریکی) را به طور بهینه مدیریت کند.

در مطالعه‌ای با هدف بررسی عوامل مؤثر بر قصد مصرف‌کننده برای پذیرش خودرو الکتریکی، چهار دسته اصلی شامل عوامل جمعیت‌شناختی (شامل عوامل فردی و خانوار)، موقعیتی (شامل عوامل محیطی، فناوری، مالی و بازار)، زمینه‌ای (شامل سیاست‌گذاری دولتی و زیرساخت شارژ) و روانشناختی (شامل نگرش، کنترل رفتاری درک شده، مخاطره درک شده، خصوصیات مصرف‌کننده، احساسات، تأثیر گذاری جامعه، اخلاق فردی و تخفیف)، شناسایی شدند (Singh, Singh et al. 2020).

¹ Transtheoretical Model of Change

² Protection Motivation Theory

سورش و همکاران (Suresh, Renukappa et al. 2020) بیان کردند که چالش‌های اصلی که در طول پیاده‌سازی عناصر شهر هوشمند به عنوان بستری برای گسترش اتوبوس‌های برقی در شبکه جاده‌های بریتانیا وجود دارد؛ عدم سرمایه‌گذاری، تعمیرات و نگهداری، آمادگی و آگاهی از مفهوم حمل و نقل جاده‌ای هوشمند است. مطالعه آنان نشان داد که درک مفهوم شهرهای هوشمند از منظر حمل و نقل جاده‌ای برای ایجاد آگاهی از مزایا و نحوه عملکرد آن بسیار مهم است.

(متصدی زرنندی، نصیری و همکاران ۱۴۰۱) با هدف ارزیابی اثرات محیط زیستی توسعه سامانه حمل و نقل عمومی برقی در شهر تهران، گزینه اجرای سامانه حمل و نقل برقی با سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و اعطای تسهیلات دولتی را دارای بیشترین اولویت ذکر کردند. از نظر آنان، استفاده از سامانه حمل و نقل برقی در هسته مرکزی شهر، در اولویت دوم قرار داشت. آنها عدم اجرا را دارای کمترین اولویت یافتند.

(جاویدتاش، جنگجو و همکاران 1397) معتقدند که ورود شبکه‌های هوشمند به کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، چالش‌های جدیدی خواهد داشت. به عنوان مثال با تمرکز بر دو موضوع خودروهای الکتریکی و بحث پاسخگویی بار، متوجه میشویم که رفتارهای هیجانی مصرف‌کنندگان میتواند اوج مصرف انرژی را بیشتر از گذشته افزایش دهد و کمبود برق را در طول فصول گرم سال تشدید کند. آنها توصیه می‌کنند که در این کشورها، توسعه فناوری به ریز فناوری‌ها تبدیل شود و به صورت مرحله به مرحله و با فرهنگ‌سازی لازم در اختیار مصرف‌کنندگان قرار گیرد.

۲-۲-چارچوب نظری

پذیرش یک نوآوری توسط مصرف‌کننده به صورت "پاسخ رفتاری در قالب خرید و استفاده از آن نوآوری" تعریف می‌شود. مطالعات، پیش‌نیازهای مختلفی را توصیف می‌کنند که رفتار پذیرش را برمی‌انگیزد. سنجش قصد استفاده از یک نوآوری، به ویژه با استفاده از آمادگی مصرف‌کننده و تمایل به پذیرش، راهی معنادار برای پیش‌بینی پاسخ رفتاری است. بسیاری از مطالعات از این دو مورد به عنوان متغیرهای غیر مستقیم برای بررسی رفتار پذیرش استفاده می‌کنند (Rezvani, Jansson et al. 2015). چارچوب نظری پذیرش فناوری خودروی الکتریکی شامل ۵ منظر است: نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده؛ نظریه‌های هنجاری؛ نظریه‌های مربوط به نمادها، سبک زندگی و هویت شخصی، نظریه انتشار نوآوری و نظریه پردازی در مورد احساسات مصرف‌کننده در رابطه با پذیرش.

نظریه‌های رفتار برنامه‌ریزی شده و انتخاب منطقی ادعا می‌کنند که رفتار تصمیم‌گیری انسان بر اساس ارزیابی‌های عقلانی است. فرض بر این است که می‌توان نیت را با نگرش‌های مصرف‌کننده به

¹Theory of planned behavior

²Normative theories

³Diffusion of innovation

عنوان مثال نسبت به ویژگی‌های فنی یا هزینه‌ی اتوبوس الکتریکی پیش‌بینی کرد. آنگاه رفتار مستقیماً توسط نیات پیش‌بینی می‌شود (Shalender and Sharma 2021). می‌توان از نظریه‌های هنجاری برای توضیح رفتارهای مبتنی بر دوستی با محیط زیست استفاده کرد. این نظریه‌ها برخلاف تئوری رفتار برنامه‌ریزی شده، باورها و ارزش‌های هنجاری را به عنوان انگیزه‌های رفتار می‌دانند. به عنوان مثال، به دلیل تأثیر خانواده، دوستان یا دیگران، ممکن است فرد احساس تعهد اخلاقی به انجام رفتارهای طرفدار محیط زیست کند، مانند خرید وسیله نقلیه برقی که دارای مزایای زیست محیطی است (Han, Lee et al. 2021).

در تحقیقات مربوط به پذیرش فناوری خودرویی الکتریکی از سوی مصرف‌کننده، نمادها و هویت شخصی نقش مهمی ایفا می‌کنند. محصولی مانند ماشین یا موتور سیکلت نماد ایده‌ها هستند. به عنوان مثال، یک شخص ممکن است یک وسیله نقلیه الکتریکی را نه تنها بر اساس ملاحظات عملی بلکه بر اساس توجه به محیط زیست نیز خریداری کند. علاوه بر این، آن شخص ممکن است با خرید یک خودرو الکتریکی بخواهد دغدغه محیط زیستی خود را به دیگران نشان دهد (Liu, Ding et al. 2021). نظریه انتشار نوآوری برای شناسایی و نمایه مشخصات پذیرندگان اولیه خودرو الکتریکی استفاده شده است. عوامل تأثیرگذار ممکن است شامل مزیت نسبی درک شده، سازگاری با زندگی روزمره یا قابل مشاهده بودن یک نوآوری باشد. به عنوان مثال، در بازار فعلی خودروهای الکتریکی، حداکثر بُرد مسافتی هر سال ارتقا می‌یابد. بنابراین خریداران بالقوه ممکن است با امید دست‌یابی به یک خودرو بهتر، خرید فعلی را به تأخیر بیندازند. این مثال همچنین نقش احساسات مصرف‌کننده (در اینجا، پشیمانی) در پذیرش نوآوری‌ها را برجسته می‌کند. در مقابل، مشخصه‌های عاطفی یا لذت‌گرا، مانند شادی، ممکن است قصد خرید خودروهای الکتریکی را سریعتر به بالفعل برسانند. به عنوان مثال، شتاب بالاتر خودروهای برقی در مقایسه با خودروهای معمولی با قدرت برابر، ممکن است یک عامل محرک در تسریع خرید باشد (Wang, Huang et al. 2022).

بنابراین با در نظر گرفتن عوامل مؤثر در زمینه پذیرش خودرویی الکتریکی و چالش‌های مربوطه که حاصل مرور ادبیات بوده و همچنین در نظر گرفتن نظریه‌های مربوط به پذیرش این فناوری، می‌توان چارچوب نظری را مطابق جدول ۱ ارائه داد.

جدول ۱- چارچوب نظری پژوهش

نظریه	بُعد	مؤلفه
رفتار برنامه‌ریزی شده/ انتخاب عقلانی مدل فرآیندی تغییر انگیزش محافظت	هزینه	قیمت خرید نرخ ارز یارانه قیمت گاز
	زمینه‌ای	رگولاتوری خودرویی دیزلی آثار بیرونی محیط زیستی

مؤلفه	بُعد	نظریه
سیاستگذاری برای تشویق شامل پارک رایگان، دسترسی به خط اتوبوس		
تعمیر و نگهداری توانایی تولید مستقیم مشخصه باتری سهولت استفاده امنیت	فنی	
تأمین زیرساخت (برق و ایستگاه شارژ) تأمین مالی توسعه بازار	توانمندسازی	
فرهنگ سازی عقاید، معیارها و ارزش ها سبک زندگی احساسات دانش و تجربه درک مفهوم شهر هوشمند تطابق الگوی مسافرتی با خودرو الکتریکی	همسوسازی فرهنگی	هنجاری نماد، سبک زندگی و هویت شخصی انتشار نوآوری احساسات مشتری
مشارکت در ساخت با کشورهای خارجی مشارکت داخلی برای ساخت هماهنگی	همکاری فناورانه	
سن و جنسیت تحصیلات و درآمد شغل اعضای خانواده	جمعیت شناختی	

۲-۳- مطالعات موردی استفاده از اتوبوس‌های برقی در نقاط مختلف جهان

تغییر و حرکت از اتوبوس‌های سنتی به اتوبوس‌های پاک و الکتریکی در ناوگان حمل و نقل شهری در سراسر جهان آغاز شده است. بیش از هر جا، کشور چین را می‌توان پیشرو در این حوزه دانست. اما در چند سال اخیر سایر کشورها به ویژه کشورهای اروپایی تحولات زیادی در این حوزه ایجاد کرده‌اند. در چندسال اخیر، سال ۲۰۱۹ یک نقطه عطف در این حوزه در اروپا بوده و افزایش چشمگیری در حجم خودروهای الکتریکی در این قاره اتفاق افتاده است. سال ۲۰۱۸ در مقایسه با ۲۰۱۷، بازار اتوبوس‌های برقی در اروپا ۴۸ درصد افزایش یافت. در سال ۲۰۱۸، تعداد اتوبوس‌های برقی ثبت شده جدید در اروپا، ۵۴۸ دستگاه اتوبوس بوده است. در حالیکه در سال ۲۰۱۹، ۱۲ درصد از کل اتوبوس‌های

ثبت شده جدید یعنی ۱۶۸۷ دستگاه (از کل ۱۴،۳۹۲ اتوبوس شهری)، از نوع اتوبوس برقی بودند که یک جهش بزرگ به حساب می‌آید.

در سال ۲۰۲۰، به رغم شیوع کرونا، بازار اتوبوس‌های الکتریکی در اروپا ۲۲ درصد رشد داشته است. به طور کلی از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰، تعداد ۵۰۸۷ دستگاه اتوبوس الکتریکی در اروپا تحویل شده که حدود ۷۵ درصد از آنها در بازه ی سالهای ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ اتفاق افتاده است. از سال ۲۰۲۵ خودروسازها در اتحادیه اروپا ملزم به برقی سازی خودروها خواهند بود و کلیه خودروسازان مطرح جهان سهم اعظم سبد فناوری خود را به فناوری برقی و هیبرید اختصاص خواهند داد. پیش بینی می‌شود این رشد سریع ادامه داشته و تا سال ۲۰۴۰، حدود ۶۷ درصد از ناوگان اتوبوس شهری را اتوبوس‌های الکتریکی تشکیل دهند.

تا سال ۲۰۲۰ نزدیک به ۹۸ درصد اتوبوس‌های الکتریکی جهان، در شهرهای چینی مستقر بودند. در سال ۲۰۱۷، ۱۷ درصد اتوبوس‌های شهری در حال گردش در چین، از نوع اتوبوس برقی بوده‌اند. در این سال در چین، ۹۰ هزار دستگاه اتوبوس تماماً برقی و ۱۶ هزار دستگاه اتوبوس هیبریدی ثبت شده است. شهر Shenzhen تعهد کرده بود که تا قبل از پایان ۲۰۱۷، صددرصد اتوبوس‌های خود را برقی نماید (۱۶۵۰۰ دستگاه اتوبوس). روند الکتریکی سازی اتوبوس‌های این شهر در نمودار ۳ نشان داده شده است.



نمودار ۳- روند الکتریکی سازی اتوبوس‌های شهر Shenzhen چین (عابدی ۱۴۰۱)

کشور هند با ۷۰۰۰۰ دستگاه اتوبوسی که در سال ۲۰۱۷ به فروش رفته، حتی زمانی که بخش کوچکی از سفارشات شامل اتوبوس‌های برقی باشد؛ بازاری با پتانسیل بزرگ است. شرکت تحقیقاتی Interact Analysis پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۲۵، «هند بیش از ۱۰ درصد از کل تقاضای سالانه اتوبوس‌های برقی در سطح جهان را به خود اختصاص خواهد داد، که بیشتر از مجموع اروپا و آمریکای شمالی است» (Editioial 2022).

ضریب نفوذ بازار در پایان سال ۲۰۱۷ حدود ۰٫۵ درصد از کل بازار اتوبوس حمل‌ونقل عمومی ایالات متحده بود، اما در همان زمان، ۹ درصد از آژانس‌های حمل و نقل یا اتوبوس‌های برقی در خدمت داشتند یا سفارش داده بودند. طبق آمار BloombergNEF، در پایان سال ۲۰۱۹ در ایالات متحده «حدود ۴۵۰ دستگاه از نزدیک به ۷۵۰۰۰ اتوبوس شهری در جاده‌ها، الکترونیکی بودند». استقرار اتوبوس بدون آلاینده^۱ در ایالات متحده در سال ۲۰۲۱، نسبت به سال ۲۰۲۰، ۲۷ درصد رشد داشته است و به ۳۵۳۳ اتوبوس (در جاده و سفارشی) رسیده است (Souloupoulos 2022).

بین سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ دو شهر مهم آمریکای جنوبی برنامه‌های مهمی را برای گذار به اتوبوس‌های برقی ناوگان حمل‌ونقل عمومی خود اعلام کردند. شیلی قصد دارد پس از چین دومین ناوگان اتوبوس برقی جهان را داشته باشد. سانتیاگو، پایتخت شیلی در حال حاضر ۲۰۰ اتوبوس برقی از چین دریافت کرده است: نیمی از آنها دارای نشان تجاری یوتونگ و نیمی دیگر اتوبوس‌های BYD هستند. چند هفته پس از تحویل ۱۰۰ اتوبوس برقی BYD به سانتیاگو، در شهر مدین کلمبیا هم ۶۴ اتوبوس فاقد آلاینده^۱ به BYD سفارش داده و به این ترتیب اولین گام‌ها به سمت اولین ناوگان برقی در این کشور آمریکای لاتین برداشته شد (Editoial 2022).

۳- روش‌شناسی پژوهش

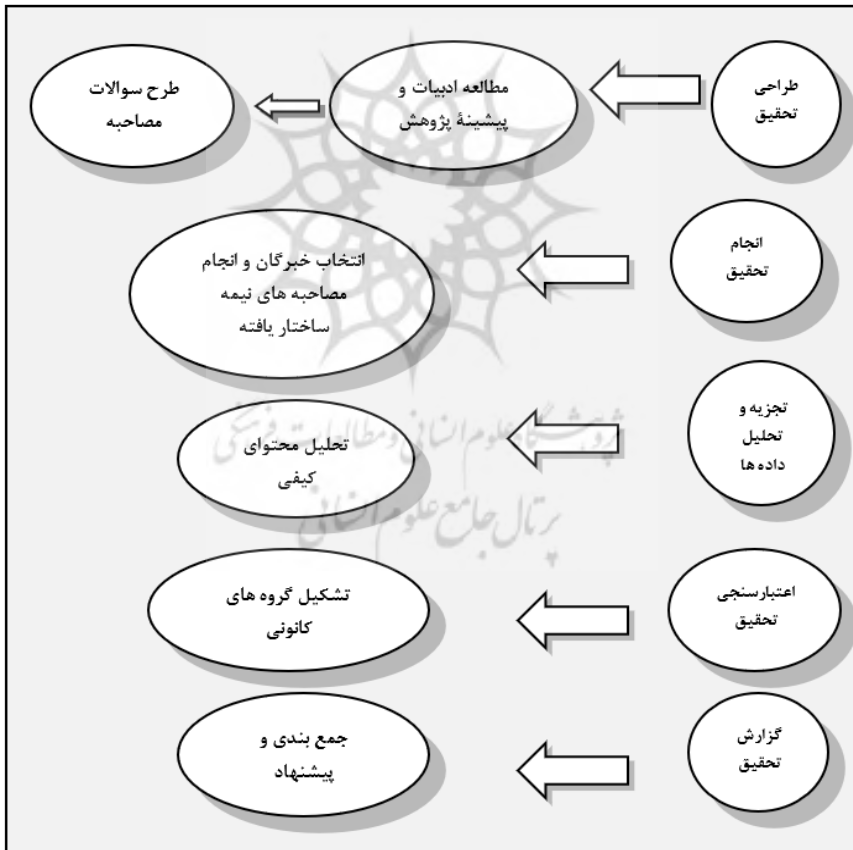
پژوهش حاضر از نظر هدف، اکتشافی، از منظر استفاده، کاربردی و از جهت روش گردآوری داده‌ها، کیفی است. برای تجمیع داده‌ها از شیوه مطالعه کتابخانه‌ای و مصاحبه‌های عمیق بهره گرفته و در نهایت از روش تحلیل محتوای کیفی با رویکرد استقرایی برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است. سپس از طریق تشکیل گروه‌های متمرکز نسبت به اعتبار سنجی یافته‌ها اقدام شد. روش گروه متمرکز^۲ به نوعی بحث گروهی اطلاق می‌شود که درصدد کاوش دسته‌ای جریان‌های معین است (محمدپور ۱۳۹۷). تحلیل محتوای کیفی چهار مرحله اصلی دارد که عبارتند از کدگذاری باز، گروه بندی، مقوله بندی و کشف انتزاع (Mayring 2004). در مرحله کدگذاری باز، واحدهای تحلیل به کوچکترین اجزای مفهومی تجزیه می‌شوند و مفاهیم اصلی از اعماق داده‌های عینی استخراج و با چندین مرحله تکرار، همه جنبه‌های موضوع بررسی می‌شود. سپس مرحله ی گروه بندی شروع می‌شود. هدف اصلی این مرحله، قرار دادن مفاهیم مشابه در دسته‌های بزرگتر و تشکیل زیر مقوله هاست. پس از آن در مرحله ی مقوله بندی، زیر مقوله‌های مشابه دسته بندی می‌شوند و گروه‌های بزرگتری به نام مقوله‌های اصلی ایجاد می‌شوند. هدف از ایجاد مقوله‌های اصلی توصیف پدیده، افزایش درک پژوهشگر از پدیده ی مورد بررسی و تولید دانش است. اما آخرین مرحله از تحلیل محتوای کیفی رسیدن پژوهشگر به تفسیری انتزاعی و کشف معناست. تفسیر انتزاعی به معنای رسیدن به شناختی کلی از پدیده مورد بررسی از طریق کشف

¹ Zero emission

² Focus Group

مقوله‌های اصلی آن پدیده است. در واقع تحلیل محتوای کیفی فرآیندی است که به کمک آن می‌توان از عینیت به سوی ذهنیت حرکت کرد (دانیی فرد ۱۳۸۸).

برای اطمینان از روایی یافته‌ها، دسته‌بندی مقوله‌های اساسی با ۲ نفر از مصاحبه‌شوندگان مطرح شد. به علاوه یافته‌ها از تحلیل مصاحبه‌های عمیق نیمه ساختار یافته و گروه متمرکز حاصل شده بود. این موضوع به همراه طیف متنوع افراد حاضر در گروه متمرکز با هدف همه‌جانبه‌نگری و به عنوان یکی از راهبردهای روایی در این پژوهش کیفی، در روش و ابزار رعایت شد. همچنین پژوهشگران در همه جلسه‌ها فعالانه حاضر شده و از طریق کنترل اعضاء تلاش کردند تا روایی یافته‌های پژوهش حفظ شود. بدین ترتیب روایی یافته‌ها در گروه متمرکز مورد بررسی قرار گرفت و به تأیید نهایی رسید. جهت برآورده شدن روایی محتوای تحلیل، نتایج با دو نفر عضو هیات علمی دانشگاه و دو مدیر فعال در حوزه حمل و نقل، در جلسه‌ای غیر از مصاحبه‌ی معمول در میان گذاشته شد و نظرات کارشناسی آن‌ها اخذ و اعمال گردید. مراحل تحقیق به طور خلاصه در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴. مراحل انجام پژوهش

با توجه به ماهیت این پژوهش و حجم بالای داده های مورد نیاز شفاهی، مصاحبه نیمه ساختار یافته مناسب ترین روش گردآوری داده ها تشخیص داده شد. در این راستا ۶ تن از خبرگان (به شرح جدول ۲) به نمایندگی از شرکت های فعال و توانمند در حوزه ی تولید اتوبوس برقی انتخاب شدند و سپس ساختار مصاحبه تهیه و تمامی خبرگان مذکور به روشی مشابه مورد مصاحبه قرار گرفتند. تمامی مصاحبه ها با اجازه مصاحبه شونده ضبط و سپس پیاده سازی و ویرایش شدند.

جدول ۲. محل فعالیت خبرگان تحقیق

ردیف و شماره مصاحبه شونده	نام شرکت	مجموعه مادر
۱	شتاب	شرکت مپنا
۲	زرین خودرو	سازمان صنایع دفاع
۳	مانا	دانشگاه تهران
۴	عماد خودرو	هولدینگ توسعه طلوع تجارت خلیج فارس
۵	ایران خودرو دیزل	ایران خودرو
۶	سایپا دیزل	سایپا

بعد از انجام، پیاده سازی و تحلیل مصاحبه ها، نتایج حاصل در گروه های متمرکز به بحث گذاشته شدند. مشخصات اعضای گروه متمرکز در جدول ۳ درج شده است.

جدول ۳. مشخصات اشخاص در گروه کانونی

ردیف	سمت و پست سازمانی	نام نماینده
۱	دبیر کارگروه ماده ۴۳ قانون رفع موانع تولید	آقای صادق زاده
۲	نماینده معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	آقای اوجانی
۳	نماینده شرکت اتوبوس برقی شتاب	آقای مرادی
۴	نماینده شرکت تحقیقات موتور ایران خودرو	آقایان علیزاده و ذاکری
۵	نماینده سازمان ملی استاندارد	آقای سعادت
۶	نماینده پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط زیست	آقای نهضتی
۷	نماینده شهرداری تهران	آقای فاطمی

ردیف	سمت و پست سازمانی	نام نماینده
۸	نماینده سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشور	آقای حمیدی
۹	نماینده شرکت جتکو ^۱	آقای خسروی
۱۰	نماینده سازمان محیط زیست	آقای سرخیل
۱۱	نماینده سازمان توسعه منابع انرژی	محرمانه
۱۲	نماینده سازمان برنامه و بودجه کشور	آقایان خالصی و شهیدی
۱۳	نماینده شرکت تحقیقات صنایع انفورماتیک	خانم سینا، آقایان زارعی و کلیشادی
۱۴	نماینده شرکت عقاب افشان	آقای مرادی
۱۵	نماینده سایپا	آقایان شامبولی و گرجی
۱۶	نماینده وزارت صنعت، معدن و تجارت	امامی آقای پور
۱۷	نماینده وزارت امور اقتصادی و دارایی	خانم اسد بیگی
۱۸	نماینده صندوق نوآوری و شکوفایی	آقای هاشمی
۱۹	نماینده وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات	آقای شیری
۲۰	نماینده سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت	آقایان تندرو و خواجوی

۴- تحلیل و بیان یافته‌ها

برای دستیابی به مقوله‌های اصلی، محتوای مصاحبه‌ها مورد تحلیل قرار گرفتند. بدین صورت که از طریق گزاره‌های حاصل از تحلیل، مقوله‌های فرعی احصا و سپس با ترکیب مقوله‌های فرعی مشابه، مقوله‌های اصلی استخراج شدند. از بین ۷۲ گزاره، ۱۰ مقوله فرعی و ۴ مقوله اصلی حاصل شد. تحلیل داده‌ها با گوش دادن متوالی به صحبت‌های حاصل از مصاحبه آغاز شد تا برداشت کلی از گزاره‌ها حاصل شود. در نهایت پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که نمیتوان کد جدیدی را از گزاره‌ها به دست آورد. به عبارت دیگر اشباع نظری حاصل شده است. مقوله‌ها و گزاره‌های نمونه در جدول ۴ ارائه شده است.

^۱ شرکت جامع تحقیق و توسعه فناوری‌های خودرو

جدول ۴. تشکیل مقوله های اصلی و فرعی بر اساس گزاره ها

مقوله اصلی	مقوله فرعی	نمونه هایی از گزاره ها	تعداد گزاره ها
توانمندسازی	تأمین زیر ساخت	برخی از شرکت های خودرو سازی با همکاری شریک خارجی به صورت پروتوتایپ تولیداتی را دارند، اما علیرغم تولید اولیه محصول، هنوز زیر ساخت های مناسب مانند زیر ساخت شارژ باتری و انجام آزمونهای تخصصی فراهم نشده است.	۴
	تأمین مالی	تأمین منابع مالی اتوبوس ها به دو صورت تهاتر نفت و هم از محل ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید و مشارکت عمومی - خصوصی، میسر می باشد. اما تاکنون ماده ۱۲ محقق نشده است.	۳
	توسعه بازار	به دلیل مشکلات ناشی از عدم صرفه اقتصادی اتوبوس رانی، علیرغم آمادگی شرکتهای وجود بازار برای اتوبوس برقی با چالش همراه است و لذا امکان تکمیل چرخه تولید و بهره برداری از محصول به وجود نیامده است.	۷
هزینه	قیمت بالای خودرو	بالا بودن هزینه باتری پک خودروی برقی (حدود ۴۰ درصد مبلغ خودرو) مساله دیگری است که باید در طراحی و تعیین ویژگیها مد نظر قرار گیرد.	۵
	افزایش نرخ ارز	به طور مثال، علیرغم فعالیت هایی که از سال ۱۳۹۶ برای محفظه تست اتوبوس کامل با حمایت صندوق نوآوری و شکوفایی توسط شرکت های خصوصی انجام شده، بدلیل مشکلات ناشی از افزایش نرخ ارز، امکان تکمیل این آزمایشگاه ها فراهم نشده است.	۲
همکاری فناورانه	مشارکت در ساخت با کشورهای خارجی	تغییرات سریع بازیگران جهانی در حوزه تولید خودروها به ویژه خودروهای برقی یکی دیگر از چالش های پیش روی این صنعت است. این امر، ثبات مشارکت در ساخت محصول را با سایر کشورها، با مشکلاتی روبرو ساخته است.	۸

مقوله اصلی	مقوله فرعی	نمونه‌هایی از گزاره‌ها	تعداد گزاره‌ها
	مشارکت داخلی برای ساخت	چند شرکت اتوبوس ساز همزمان برای تولید اتوبوس برقی اقدام نموده اند که ضرورت دارد از ایجاد زیرسامانه های متفاوت که منجر به تنوع زنجیره تأمین و نوع قطعات و زیرمجموعه ها خواهد شد جلوگیری و نسبت به هماهنگی ایشان و ایجاد زنجیره تأمین مشترک و ساخت داخل اقدام شود.	۶
	هماهنگی	فعالیت های مختلفی در بخش های دولتی و خصوصی در این زمینه در حال انجام است. اما بدلیل عدم انسجام و ارتباط موثر بین طرح ها، هم افزایی و نتایج مطلوب حاصل نمی شود. لزوم همفکری، همکاری و ایجاد سامانه های مشترک در این زمینه یک ضرورت است.	۷
زمینه ای	رگولاتوری	ورود خودروهای برقی به بازار نیازمند هماهنگی تمامی بخش ها می باشد. به این منظور، حمایت های مالی و تدوین قوانین مربوطه امری ضروری است. همچنین اعمال قوانین انقباضی برای خودروهای دیزلی که موجب آلاینده‌گی میشوند؛ تأثیر شگرفی در گسترش اتوبوس های برقی دارد و مانع از تصمیم گیری صرفاً بر بمنای صرفه اقتصادی میشود.	۵
	بسته سیاستگذاری تشویقی	امکان تعویض اتوبوسهای فرسوده دیزلی و ارائه تسهیلات برای اتوبوس برقی و تعمیر و نگهداری آن، کمک خواهد کرد که خرید و کسب و کار با اتوبوس برقی بر خلاف دیزلی، به صرفه باشد.	۳
همسوسازی فرهنگی	فرهنگ سازی	حمل و نقل برقی نیاز به تغییر فرهنگ مردم، رانندگان، شرکتهای پیمانکار و شهرداریها دارد و هر بخش آن نیازمند قانونگذاری، فرهنگ سازی و فعالیت های مجزا است.	۸
	سبک زندگی و احساسات	از طریق برنامه های تبلیغاتی و اطلاع رسانی می توان اضطراب طی مسافت طولانی با این وسایل نقلیه را کاهش داد و الگوی مسافرتی افراد را با این وسایل حمل و نقل منطبق کرد.	۴

مقوله اصلی	مقوله فرعی	نمونه هایی از گزاره‌ها	تعداد گزاره‌ها
فنی	تعمیرات و نگهداری	احتمال وجود اشکالات در تولیدات اولیه و نبود دانش و مهارت تعمیرات آنها در بین تعمیرکاران کشور	۲
	توانایی تولید مستقیم	تولید از طریق تبدیل اتوبوس فسیلی به برقی، موجب کاهش بهره وری میشود.	۳
	مشخصه باتری	تعریف باتری یکسان برای تمامی اتوبوس ها در تمام مسیرها، موجب افزایش هزینه ها خواهد شد.	۵

تعداد گزاره ها و مقوله های فرعی و اصلی منتج از آنها به صورت سلسله مراتبی در شکل ۴ مورد اشاره قرار گرفته است.



شکل ۴- تعداد گزاره ها، مقوله های فرعی و اصلی

نتایج حاصل از کد گذاری داده‌ها بیانگر آن است که از تحلیل متن مصاحبه ها ۶ مقوله اصلی استخراج شد که عبارتند از «توانمندسازی»، «هزینه»، «همکاری فناورانه»، «همسوسازی فرهنگی»، «فنی» و «زمینه‌ای» (جدول ۵).

جدول ۵- گزاره‌ها، مقوله‌های فرعی و اصلی

ردیف	گزاره‌ها	مقوله‌های فرعی	مقوله‌های اصلی
۱	۱۴	۳	توانمندسازی
۲	۷	۲	هزینه
۳	۲۱	۳	همکاری فناورانه
۴	۱۲	۲	همسوسازی فرهنگی
۵	۱۰	۳	فنی
۶	۸	۲	زمینه‌ای
جمع	۷۲	۱۵	۶

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از این پژوهش، تعیین مهم‌ترین موانع استفاده از اتوبوس‌های برقی در کشور و ارائه راهکارهایی برای سیاست‌گذاری در زمینه رفع آنها است. برای تحقق این امر، پس از انجام مطالعات اسنادی، یک مصاحبه عمیق و نیمه ساختار یافته با هفت نفر از خبرگان انجام شد. در این مصاحبه‌ها، در ابتدا چالش‌ها و راهکارهای حاصل از مطالعات مطرح و سپس نظر مصاحبه‌شوندگان در مورد سؤالات پژوهش دریافت شد. سپس از طریق تحلیل محتوای کیفی، کدگذاری متون مصاحبه‌ها انجام شد که حاصل آن ۶ مقوله اصلی و ۱۵ مقوله فرعی بود. یافته‌ها در گروه‌های مرکزی (کانونی) هم به بحث گذاشته شدند.

بر اساس یافته‌های حاصله، یکی از راهکارهای مهم شناخته شده برای توسعه نوآوری و حجم دهی به تولید و اقتصاد دانش بنیان، انجام خریدهای عمومی حامی نوآوری است. در شرایطی که تجمیع تقاضا و تجمیع منابع مالی در کشور صورت گیرد؛ شرایط بی بدیلی به وجود می‌آید تا خرید آگاهانه توسط دولت، جریان بزرگی از تحقیق و توسعه و تولید دانش بنیان توسط شرکت‌های داخلی را شکل دهد، فناوری را در کشور بومی و تولید را پایدار و رقابت پذیر نماید. لذا خریدار بزرگ (دولت) در کشورهای پیشرفته از این فرصت برای توسعه کسب و کار شرکت‌های داخلی و به حداقل رساندن واردات و وابستگی استفاده می‌کند و هرگز خرید از خارج را به تولید کنندگانی که شبکه‌ای از دانشوران و فناوران را گرد هم آورده و با حمایت‌های دولتی بر فناوری مسلط شده‌اند، ترجیح نمی‌دهد.

در ایران نیز برخی از شرکت‌های خودرو ساز با همکاری شریک خارجی (چینی)، نمونه اتوبوس مورد نظر را وارد کرده و از مراجع ذیصلاح تأییدیه لازم برای نوع انتخابی را دریافت نموده‌اند. کمیته فنی اتحادیه اتوبوس رانی کشور نیز مشخصات مربوطه را تدوین و انواع پیشنهادی را با مشخصه‌های تدوین شده مقایسه و تأییدیه صادر نموده است. شرکت‌های خودروساز نیز بر اساس نمونه‌های انتخابی تأیید

شده، نسبت به تولید نمونه های اولیه اقدام نموده اند. سه شرکت نیز با همکاری شرکت های دانش بنیان نسبت به داخلی سازی برخی اجزا و قطعات موتور و باتری مبادرت ورزیده و بعضاً در زمینه تولید باتری و سیستم شارژر سرمایه گذاری نموده اند. اما برای تحقق تولید و بهره برداری از این محصول ارزشمند چالشهایی وجود دارد. بر اساس یافته های این پژوهش مهمترین چالشهای تولید دانش بنیان در حوزه اتوبوس برقی و همچنین راهکارهای رفع موانع تولید به شرح ذیل بیان می گردند:

الف) چالش ها:

✓ دستیابی به فناوریهای ساخت اجزاء مختلف قوای محرکه برقی، باتری پک و سامانه شارژ اتوبوسها

✓ تمایل به واردات اتوبوس کامل در برخی شرکتهای و شهرداریها

✓ عدم وجود محدودیت ها و مقررات سخت گیرانه در خصوص حمل و نقل دیزلی (مؤلفه رگولاتوری در چارچوب نظری).

✓ مقرون به صرفه نبودن اتوبوس رانی در ایران (مؤلفه هزینه در چارچوب نظری) (در حال حاضر هزینه بهره برداری یک دستگاه اتوبوس دیزلی برای هر ماه بیش از ۳۰ میلیون تومان و درآمد حاصل از فروش بلیط کمتر از ۱۰ میلیون تومان است. به این منظور نه یارانه ای به صاحب اتوبوس پرداخت می شود و نه اجازه افزایش بهای بلیط صادر می شود. این عدم توازن در درآمد و هزینه موجب نقصان در تعمیر و نگهداری خودروها و فرسودگی زود هنگام و از رده خارج شدن آنها می شود).

✓ محقق نشدن قوانین موضوعه برای اقتصادی نمودن تولید و بهره برداری از اتوبوسهای برقی که مهمترین آنها ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید است. در این قانون حدود ۶۰ درصد سرمایه گذاری انجام شده برای تولید اتوبوسهای برقی از محل صرفه جویی در مصرف سوخت فسیلی به سرمایه گذار عودت داده می شود. اجرای این ماده قانونی سرمایه گذاری در این زمینه را ممکن و مقرون به صرفه می نماید (مؤلفه رگولاتوری در چارچوب نظری).

✓ قیمت بالای اتوبوسهای برقی (هم اکنون قیمت اتوبوسهای دیزلی حدود ۴ میلیارد تومان و قیمت اتوبوس برقی با ایستگاههای شارژ برای هر دستگاه بیش از ۱۰ میلیارد تومان است) (مؤلفه هزینه در چارچوب نظری).

✓ کمبود شدید منابع مالی نقد در اختیار دولت و استفاده از صور مختلف تأمین منابع مالی از جمله تهاتر نفت که برای اکثر تولیدکنندگان به راحتی قابل بهره برداری نیست (مؤلفه تأمین مالی در چارچوب نظری).

✓ عدم وجود زیر ساخت انجام برخی آزمونهای لازم در ایران برای اخذ گواهی استاندارد. افزایش نرخ ارز مشکلاتی را برای ایجاد زیرساخت آزمایشگاهی لازم برای آزمونهای مورد نیاز این محصول

به وجود آورده است. به رغم فعالیت هایی که از سال ۱۳۹۶ با حمایت صندوق نوآوری و شکوفایی برای محفظه تست کامل اتوبوس و ماشین آلات سنگین توسط شرکت های داخلی انجام شده، امکان تکمیل آزمایشگاه ها فراهم نشده است (مؤلفه تأمین زیرساخت در چارچوب نظری).

✓ جدید بودن محصول و ضرورت ملاحظات لازم در بهره برداری توسط شرکتهای پیمانکار و رانندگان و مردم، احتمال وجود اشکالات در تولیدات اولیه و نبود دانش و مهارت تعمیرات آنها در بین تعمیرکاران کشور و وابستگی بالا به پشتیبانی توسط شرکتهای سازنده طی سالهای ابتدایی بهره برداری (مؤلفه های تعمیرات و نگهداری و فرهنگ سازی در چارچوب نظری).

✓ تأمین برق لازم برای شارژ اتوبوسها در صورت تولید تعداد بالا در کشور (مؤلفه تأمین زیرساخت در چارچوب نظری).

✓ هزینه بالای تولید باتری پک اتوبوسها و نیاز اتوبوسها به حجم بالای باتری به دلیل طولانی بودن و شیب دار بودن اکثر خطوط خصوصا در پایتخت (تا حدود ۴۰ درصد قیمت تمام شده اتوبوس برقی را هزینه تولید پک باتری تشکیل می دهد) (مؤلفه قیمت بالای خودرو در چارچوب نظری).

✓ فعالیت همزمان اتوبوس سازان متعدد برای تولید اتوبوس برقی، هماهنگی بسیار اندک بین آنان، انتخاب انواع مختلف اتوبوس و بهره گیری از زیرسامانه های متفاوت که منجر به تنوع زنجیره تأمین و نوع قطعات و زیرمجموعه ها خواهد شد و البته دشواری هماهنگ سازی تولید کنندگان برداری (مؤلفه هماهنگی در چارچوب نظری).

ب) راهکارها:

راهکارهای پیشنهادی این مطالعه برای غلبه بر چالشهای پیش گفته به قرار زیر هستند:

✓ حمل و نقل برقی از منظر ملی اقتصادی ولی از منظر اقتصادی نیست لذا با تنظیم استانداردها و مقررات سخت گیرانه برای رقبای فسیلی حمل و نقل و ارائه مشوق ها و حمایت ها از حمل و نقل و خودروهای برقی، زمین بازی برای این نوع از حمل و نقل هموار می شود (مؤلفه رگولاتوری در چارچوب نظری).

✓ بر اساس ساختار شکست سامانه قوای محرکه الکتریکی و استمرار حمایت نهادهای حامی، نسبت به داخلی سازی زیرمجموعه ها اقدام گردد. بررسی ها نشان داد شرکت دانشگاهی مانا و شرکت مپنا استعداد و تجربه مناسبی در این زمینه دارند اما لازم است طیف متنوع تری از شرکتهای در ارتباط با سازندگان قرارگیرند تا بومی سازی تمامی اجزای مورد نظر به انجام برسد. نکته مهم اینکه چنانچه داخلی سازی به میزان مناسبی صورت نگیرد؛ در صورت بروز مشکلاتی برای اتوبوس در حین سرویس دهی، تولید کننده قادر به رفع اشکال نبوده و نیازمند و وابسته به شرکتهای خارجی خواهد بود. همچنین با توجه به جدید بودن این محصول در کوتاه مدت نمی توان همچون سیستم

دیزلی یا گاز سوز، تعمیرکاران را برای این امر به خدمت گرفت. تأمین امنیت سایبری اتوبوس‌ها هم از جمله موضوعات مهمی است که در صورت داخلی سازی مجموعه ها و نرم افزارهای مربوطه قابل حصول است برداری (مؤلفه های مشارکت داخلی برای ساخت و تعمیرات و نگهداری در چارچوب نظری).

✓ با توجه به تعدد تولیدکنندگان اتوبوس برقی، نیاز است تا یک زنجیره تأمین داخلی مشترک به منظور بهره برداری همه‌ی تولیدکنندگان تشکیل شود تا از سرمایه گذاری های مجزا و موازی توسط آنها جلوگیری گردد و همه‌ی تولیدکنندگان به طور متمرکز از قطعات، به ویژه باتری و موتور که البته با پیشرفت فناوری در دنیا به روز سازی خواهند شد استفاده نمایند و به مرور با حمایت از مجموعه های دانش بنیان اقدام به توسعه این زنجیره تأمین گردد. ژنریک بودن زیرسامانه‌ها به ویژه در مورد ایستگاههای شارژ اهمیت ویژه ای دارد (مؤلفه هماهنگی در چارچوب نظری).

✓ ورود اتوبوس های برقی به بازار نیازمند هماهنگی حاکمیتی و جامع است. به این منظور، حمایت های مالی و تدوین قوانین مربوطه امری ضروری است. با توجه به محدودیت منابع مالی دولت، می‌توان از ظرفیت ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید که هزینه صرفه جویی شده ناشی از کاهش مصرف سوخت را به سرمایه گذار برمی‌گرداند؛ استفاده کرد که البته تا کنون به رغم تلاش انجام شده این مهم هنوز محقق نشده است. بنابراین اجرایی سازی مفاد ماده ۱۲ قانون مذکور توسط شورای محترم اقتصاد و وزارت محترم نفت کمک قابل توجهی به تولید و بهره برداری از این اتوبوس ها خواهد کرد. گفتنی است در صورت عدم داخلی سازی زیر مجموعه های برقی به میزان ۶۰ درصد، نمی‌توان از تسهیلات ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید بهره برد (مؤلفه های هماهنگی و رگولاتوری در چارچوب نظری).

✓ تهیه مدل کسب و کار مناسب برای تولید و بهره برداری از اتوبوس‌های برقی که بتواند مشکلاتی همچون گرانی قیمت، ارزان بودن بلیط و عدم صرفه اقتصادی عملیات مسافربری و مسائل فنی و فرهنگی مواجهه جامعه با محصول جدید را به شرح ذیل مرتفع نماید (مؤلفه توسعه بازار در چارچوب نظری):

✓ به ازای خرید هر اتوبوس برقی توسط دولت، تولید کننده موظف باشد دو اتوبوس تولید نماید که یکی از آنها با دریافت تسهیلات و سرمایه گذاری توسط تولید کننده انجام خواهد شد و در این باره از تسهیلات قانونی نظیر ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقای نظام مالی کشور و بازگشت بیش از ۶۰ درصد سرمایه گذاری اولیه (که تسهیلات بوده) بهره خواهد برد. همچنین بهره برداری و عواید حاصل از هر دو اتوبوس و نیز امتیاز تبلیغات خط متعلق به تولید کننده خواهد بود تا بتواند شرایط بهره برداری را برای تولید کننده اقتصادی نماید. گفتنی است هزینه تولید برای صنعت تولیدکننده حداقل بیست درصد کمتر از قیمت اعلامی خواهد بود و این رقم برای تولید دو

دستگاه اتوبوس یکی از عواملی است که مزیت‌های تولید کننده در بهره برداری را نسبت به خریدار تثبیت می کند (مؤلفه های رگولاتوری و قیمت بالای اتوبوس در چارچوب نظری).

✓ بهره برداری از اتوبوس های برقی بر عهده ی خود تولید کننده باشد تا هم اشکالات و نقصان های موجود در نمونه های اولیه توسط خود تولید کننده شناسایی و در اسرع وقت مرتفع گردد و هم تولید کننده از عایدات فروش بلیط، و تبلیغات مرتبط با اتوبوس ها (داخل و خارج بدنه اتوبوس و تبلیغات خط) منتفع گردد. همچنین در این صورت بهره برداران با استفاده از نرم افزارها و فرایندهای جدید اتوسرانی، نسبت به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره وری سرویس دهی که طی آن با پیمایش کمتر سرویس بهتری ارائه میدهند، اقدام خواهند نمود. بنابر این فعالان این حوزه می بایست در قالب یک هولدینگ شامل حداقل دو مجموعه ی تولید کننده و بهره بردار فعالیت نمایند (مؤلفه های تعمیرات و نگهداری و تأمین مالی در چارچوب نظری).

✓ تولید کنندگان می بایست اقدام به بومی سازی و داخلی سازی محصولات نموده و تولید اجزای مختلف اتوبوس را به جریان علم و فناوری داخل کشور متصل نمایند و سفارش قطعات و زیرمجموعه‌های خود را به تأمین کنندگان داخلی واگذار کنند. البته در صورت وجود تولید کنندگان متعدد، وزارت کشور و معاونت علمی همانگونه که گفته شد، نسبت به ایجاد زنجیره تأمین مشترک برای آنها اقدام خواهند نمود، به این معنی که لازم نباشد هر یک از ایشان جداگانه نسبت به داخلی سازی اجزای زنجیره تأمین خود اقدام نمایند (مؤلفه های هماهنگی و مشارکت داخلی برای ساخت در چارچوب نظری).

✓ توان باتری و لذا هزینه تولید آن را میتوان متناسب با نیاز انرژی مصرفی خط اتوبوس رانی سفارش داد. میزان شیب و طول مسیر خطوط متفاوت هستند و میتوانند تا ۲۵ درصد قیمت باتری را تغییر دهند. لذا به جای تعریف مشخصات یکسان برای باتری پک همه اتوبوس‌ها که لاجرم باید متناسب با بیشترین مقدار مصرف باشد، بهتر است مسیرها را به سه دسته تقسیم و مطابق با نیاز هر گروه مشخصات فنی باتریها را سفارش و بدین ترتیب هزینه تولید اکثر اتوبوسها را کاهش داد (مؤلفه مشخصه باتری در چارچوب نظری).

✓ طبق بررسیهای انجام شده سه شرکت تولید کننده اتوبوس برقی، نسبت به داخلی سازی بخشهایی از سامانه های مربوطه اقدام نموده اند. با توجه به سرمایه گذاری برخی شرکتها برای داخلی سازی سیستم قوای محرکه برقی، لازم است قیمت خرید محصول از این شرکتها نسبت به آنچه از سایر شرکتها خرید می شود بیشتر در نظر گرفته شود. این افزایش قیمت خرید از طریق تأمین به موقع قطعات، تأثیر پذیری کمتر از نوسانات قیمت ارز و تحریمها، عدم وابستگی به خارج از کشور و پایداری زنجیره تأمین جبران خواهد شد (مؤلفه تأمین مالی در چارچوب نظری).

✓ با توجه به ثابت بودن میزان تولید برق در شب و روز و کاهش مصرف برق در شب، شارژ شبانه باتریها رافع نگرانی در رابطه با تأمین انرژی اتوبوس هاست. بنابراین لازم است طراحی این سامانه‌ها

به صورت شب شارژ در محل پارک شبانه اتوبوس‌ها صورت پذیرد. یعنی حجم کم باتری و نیاز به شارژ چند باره در شبانه روز برای شرایط کنونی کشور مناسب نیست (مؤلفه تأمین زیر ساخت و رگولاتوری در چارچوب نظری).

✓ در حال حاضر اتوبوس‌های برقی به صورت تبدیلی از اتوبوس‌های سوخت فسیلی تولید می‌شوند. در ادامه و پس از رسیدن به یک ثبات نسبی در این حوزه لازم است نسبت به طراحی و تولید اتوبوس پایه برقی اقدام شود تا بدین طریق تولیدات به بهترین و بهره‌ورترین شکل ممکن و مختص تجهیزات اتوبوس‌های برقی به انجام برسد.

✓ حمل و نقل برقی به فرهنگ‌سازی برای شرکت‌های بهره‌بردار، رانندگان، مردم و مسئولان مربوطه نیاز دارد که لازم است در این باره اقدامات ترویجی مناسب و قاعده‌گذاری‌های لازم صورت پذیرد (مؤلفه فرهنگ سازی در چارچوب نظری).



منابع

- اوجانی. طرح ارتقاء تاب‌آوری ملی و رقابت‌پذیری بین‌المللی، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری ۱۴۰۰
- جاویدتاش، نوید، جنگجو، محمدمین، حدیدی وحید، و صفاری، غلامرضا. "نحوه پذیرش اجتماعی تکنولوژی خودروهای برقی توسط مصرف‌کنندگان انرژی در جوامع مختلف". دوازدهمین همایش بین‌المللی انرژی، ۱۳۹۷
- حمیدی، رضا. اتوبوس‌های فرسوده، عامل مهم انتشار آلودگی، ایسنا، ۱۴۰۰
- خیری، علیرضا. سرمایه‌گذاری و مشارکت بخش خصوصی در توسعه ناوگان اتوبوسرانی شهر تهران با اتوبوس‌های برقی به روش BOO شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه، ۱۳۹۹
- پروژه تهیه فهرست انتشارآلاینده‌های هوای کلان‌شهرهای کشور، معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۸
- عابدی، مهدی. بررسی اجمالی استفاده از اتوبوس‌های برقی و هیبریدی در حمل و نقل شهری. تهران، معاونت علمی و فناوری یاست جمهوری، ۱۴۰۱
- دانایی فرد، حسن. آذر، عادل، الوانی، سیدمهدی. روش شناسی پژوهش کیفی در مدیریت: رویکردی جامع. صفار-اشراقی. ۱۳۸۸
- متصدی زرنندی، سعید، نصیری، رسول، و یوسفی، مهتاب. "ارزیابی اثرات زیست محیطی توسعه سیستم حمل و نقل عمومی برقی در شهر تهران." *مجله پژوهش در بهداشت محیط* ۸(۲)، ۱۴۰۱، ۲۱۰-۱۹۳
- محمدپور، احمد. ضد روش: زمینه‌های فلسفی و رویه‌های عملی در روش‌شناسی کیفی. قم: لوگوس، ۱۳۹۷
- Coffman, Makena, Paul Bernstein, and Sherilyn Wee. "Electric vehicles revisited: a review of factors that affect adoption." *Transport Reviews* 37.1 (2017): 79-93.
- Editioial. "Electric bus, main fleets and projects around the world." from [https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/electric-bus-public-transport-main-fleets-projects-around-world./](https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/electric-bus-public-transport-main-fleets-projects-around-world/) 2022
- Han, Heesup, et al. "The extended self-identify-based electric product adoption model and airline business strategy: A new theoretical framework for green technology products." *Journal of Travel & Tourism Marketing* 38.3 (2021): 247-262.
- Javid, Roxana J., and Ali Nejat. "A comprehensive model of regional electric vehicle adoption and penetration." *Transport Policy* 54 (2017): 30-42.
- Jones ,C. Global electric vehicle sales up 160% in H1 2021 despite supply constraints. Singapore, Canalys.2021.
- Kester, Johannes, et al. "Policy mechanisms to accelerate electric vehicle adoption: a qualitative review from the Nordic region." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 94 (2018): 719-731.
- Kumar, Rupesh, et al. "Addressing the challenges to electric vehicle adoption via sharing economy: An Indian perspective." *Management of Environmental Quality: An International Journal* (2020).
- Langbroek, Joram HM, Joel P. Franklin, and Yusak O. Susilo. "The effect of policy incentives on electric vehicle adoption." *Energy Policy* 94 (2016): 94-103.
- Li, Jing-Quan. "Battery-electric transit bus developments and operations: A review." *International Journal of Sustainable Transportation* 10.3 (2016): 157-169.
- Liu, Rong, et al. "The relationship between symbolic meanings and adoption intention of electric vehicles in China: The moderating effects of consumer self-identity and face consciousness." *Journal of Cleaner Production* 288 (2021): 125116.
- Mahmoud, Moataz, et al. "Electric buses: A review of alternative powertrains." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62 (2016): 673-684.
- Mayring, Philipp. "Qualitative content analysis." *A companion to qualitative research* 1.2 (2004): 159-176.
- Rezvani, Zeinab, Johan Jansson, and Jan Bodin. "Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda." *Transportation research part D: transport and environment* 34 (2015): 122-136.
- Shalender, Kumar, and Naman Sharma. "Using extended theory of planned behaviour (TPB) to predict adoption intention of electric vehicles in India." *Environment, Development and Sustainability* 23.1 (2021): 665-681.

- Singh, Virender, Vedant Singh, and S. Vaibhav. "A review and simple meta-analysis of factors influencing adoption of electric vehicles." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 86 (2020): 102436.
- Souloupoulos, D. N. "Electric Vehicle Outlook 2022." from <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook./2022>
- Suresh, Subashini, et al. "Developments in the UK road transport from a smart cities perspective." *Engineering, Construction and Architectural Management* (2020).
- Wang, Nan, et al. "Does lead users matter for electric vehicle adoption? An integrated perspective of social capital and domain-specific innovativeness." *Journal of Consumer Behavior* 21.6 (2022): 1405-1419.

