ACECR - Sharif University Branch
Quarterly Journal of
Industrial Technology Development

Identifying factors affecting the development of the transportation system based on electric vehicle technology in Iran

■ **Mohammad Sadegh Khayatian**⁻
Faculty Member, Institute for Science and Technology Studies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Receive date: 21 November 2023, Revise date: 9 December 2023, & Accept date: 30 December 2023
10.22034/jtd.2024.711739

ABSTRACT

The transportation system, as one of the forms of socio-technical systems, has disadvantages such as dependence on fossil fuels, which technologies such as electric vehicles are able to respond to. According to the requirements for the application of this technology, the aim of the research is to identify the factors affecting the development of the transportation system based on electric vehicles in Iran using the framework of the socio-technical transportation system and to examine the relationships between these factors. The statistical community includes industry experts, university professors and policy makers in the field of electric vehicle in Iran and the statistical sample includes 15 of them. First, effective factors were identified by using literature review and 8 semi-structured interviews during 2022, and by using fuzzy Delphi questionnaire, the relevance of factors was calculated. Then, by distributing the Dematel fuzzy questionnaire among 15 experts, the relationship and importance of the factors were analyzed. Based on the findings, establishment of support incentives, the formulation of national plans, coordination between stakeholders, regulation, the domestic producers and suppliers, the needs of the user community, the market structure and the socio-cognitive characteristics of the user community are respectively the most influential components of this system. Therefore, paying attention to these important and influential components will be helpful in moving from the conventional transportation system to a system based on electric vehicles.

Keywords:
Socio-technical system, electric vehicles, transportation system.

⁎ Corresponding Author
· Email: M_khayatian@sbu.ac.ir

How to cite: Khayatian, M. S. (2024), Identifying factors affecting the development of the transportation system based on electric vehicle technology in Iran, Quarterly journal of Industrial Technology Development, 22(57), 67-84.

فصلنامه علمی توسعه تکنولوژی صنعتی

شناسایی عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری وسایل نقلیه برقی در ایران

■ محمدصادق خیاطیان [–] [+]

استادیار پژوهشکده مطالعات بنیادین علم و فناوری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۳۰، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۹/۱۸ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۹

صفحات: ۸۴-۶۷

10.22034/jtd.2024.711739

چکیده

سیستم حمل‌ونقل به‌عنوان یک سیستم اجتماعی- فنی، دارای مضراتی نظیر وابستگی به سوخت‌های فسیلی است که فناوری وسایل نقلیه برقی قادر به پاسخگویی به آن است. با توجه به الزاماتی جهت کاربرد این فناوری، هدف پژوهش شناسایی عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در کشور با استفاده از چارچوب سیستم اجتماعی- فنی حمل‌ونقل و بررسی روابط میان این عوامل است. جامعه آماری، خبرگان صنعت، اساتید دانشگاهی و سیاست‌گذاران حوزه خودروی برقی کشور و نمونه آماری شامل ۱۵ نفر از آنهاست. ابتدا با استفاده از مرور پیشینه ادبیات و ۸ مصاحبه نیمه ساختار یافته طی سال ۱۴۰۱ عوامل موثر شناسایی و با استفاده از پرسشنامه دلفی فازی[1]، مرتبط بودن عوامل بررسی شد. سپس با توزیع پرسشنامه دیمتل[2] فازی میان ۱۵ خبره، ارتباط و اهمیت عوامل بررسی شد. براساس یافته‌ها، سیاست‌ها و مشوق‌های حمایتی، تدوین نقشه ملی تحرک برقی، هماهنگی میان ذی‌نفعان، تنظیم‌گری، تولیدکننده و تامین‌کننده داخلی، نیاز جامعه کاربری، ساختار بازار و ویژگی جامعه‌شناختی جامعه کاربری به‌ترتیب تاثیرگذارترین اجزای این سیستم‌اند. بنابراین توجه به این اجزای مهم و تاثیرگذار، در حرکت موفق از سیستم حمل‌ونقل متعارف به سیستم مبتنی بر وسایل نقلیه برقی راهگشا خواهد بود.

کلید واژه‌ها: سیستم اجتماعی- فنی، وسایل نقلیه برقی، سیستم حمل‌ونقل.

– عهده دار مکاتبات

+ آدرس پست الکترونیکی: M_khayatian@sbu.ac.ir

1 Fuzzy Delphi

2 Dematel

نحوه استناددهی به این مقاله: خیاطیان، محمدصادق. (۱۴۰۳). "شناسایی عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری وسایل نقلیه برقی در ایران"، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، (۵۷)۲۲، ۸۴-۶۷.

ناشر: پژوهشکده توسعه تکنولوژی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱- مقدمه

انرژی به‌عنوان ورودی تمامی کالاها و خدمات، پس از انقلاب صنعتی به کاربردی‌ترین عامل تولید تبدیل شد. سپس با توسعه اقتصادی و نوسازی بخش‌های صنعتی، اهمیت انرژی در صنعت و رشد اقتصادی کشورها نمود بیشتری یافت(Gudarzi Farahani et al., 2012). تا جایی که امروزه انرژی از پایه‌های مهم حیات اقتصادی و صنعتی یک کشور است(Mehmet Akif et al., 2017).

این در حالی است که ایران از لحاظ سرانه مصرف انرژی در زمره ۱۰ کشور پرمصرف جهان است. بخش حمل‌ونقل نیز دومین مصرف‌کننده انرژی است که با تامین ۹۰٪ انرژی از نفت و گازهای طبیعی، تنها ۱٪ انرژی خود را از برق تامین می‌کند(IEA, 2017). سوخت‌هایی که موجب انتشار گازهای گلخانه‌ای و ایجاد هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی فراوان می‌شود(Gagon, Belanger et al., 2002). بخش حمل‌ونقل ایران به‌عنوان یک کشور پرجمعیت و نفت‌خیز در خاورمیانه، مسئول ۲۶٪ از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۱۸ بوده است(Shafizadeh et al., 2019).

با توجه به ضرورت اقدامات فوری جهت توسعه وسایل نقلیه با سوخت جایگزین، یکی از اقدامات مناسب، استفاده از وسایل نقلیه‌ای است که نیروی محرکه آنها از انرژی الکتریکی شبکه یا باتری تامین می‌شود؛ امری که در بسیاری از کشورهای توسعه یافته نظیر ایالات متحده آمریکا و ژاپن و کشورهایی مانند هند و چین در مرکز توجه است(Egbue & Long, 2012) و (الله‌مرادی و دیگران، ۱۳۹۹). به‌نحوی که فروش خودروهای الکتریکی در جهان طی ۳ ماهه اول سال ۲۰۲۲، رشد ۷۵٪ را در مقایسه با مدت مشابه در سال ۲۰۲۱ داشته است(پیره‌بایی و دیگران، ۱۴۰۱). چنین امری در کنار ضرورت کاهش مصرف سوخت‌های تجدیدناپذیر و مقابله با انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کشور ایران ضرورتی دوچندان پیدا می‌کند؛ چراکه موقعیت جغرافیایی ایران به‌لحاظ وجود شدت آفتاب مناسب و وزش بادهای موسمی، آن را به کشوری مستعد جهت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی الکتریکی تبدیل کرده است(فرتاش، باوفاصفت و سعدآبادی، ۱۴۰۱) و خودروسازی بیشترین سهم را در رشد اقتصادی کشور در بخش صنعت دارد. به‌نحوی که طی سال‌های اخیر به‌نوعی یک موتور محرک برای صنعت بوده است(ارجمندی و دیگران، ۱۴۰۱). این بخش راهبردی در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۸٪ از کل تولید صنعت را به خود اختصاص داده که معادل ۳,۵٪ از تولید ناخالص داخلی ایران است(DEE, 2021).

در راستای ضرورت توجه به تولید و انتشار خودروهای برقی در کشور، استاد باالادستی مناسبی در این زمینه تدوین شده‌اند. نمونه آن چشم‌انداز صنعت خودرو در افق ۱۴۰۴ است که در آن، دستیابی به جایگاه نخست صنعت خودرو در منطقه، رتبه پنجم در آسیا و رتبه یازدهم در جهان از طریق رقابت‌پذیری مبتنی بر توسعه فناوری‌های نوین نظیر خودروهای برقی هدف‌گذاری شده است(احمدی و دیگران، ۱۳۹۴). نمونه دیگر، تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری زیرساخت خودروی برقی در سال ۱۳۹۴است(Geels, 2002). اما متاسفانه اقدامات مناسبی جهت اجرایی شدن این سیاست‌ها صورت نگرفته است؛ به‌نحوی که عمده فعالیت‌ها به انجام مطالعاتی از سوی ۲ خودروساز بزرگ ایران یعنی ایران خودرو و سایپا محدود شده و این مطالعات به تولید تجاری چندانی منجر نشده‌اند(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵). در حال حاضر، سهم بازار خودروهای برقی در ایران کمتر از ۱٪ است. علاوه بر این، پیش‌بینی‌ها برای توسعه و انتشار خودروهای برقی در دهه‌های بعد نیز بسیار اندک است(Oryani et al., 2022). این سهم بازار اندک به عوامل فنی و اجتماعی مختلفی بازمی‌گردد. به‌عنوان نمونه، بنابر اعتقاد خودروسازان داخلی هزینه تولید یک خودروی برقی در حال حاضر ۲ تا ۳ برابر یک خودروی بنزینی است. بنابراین با وجود چالش قیمت تمام شده بالا، این شرکت‌ها در صورت وجود تضمین از بابت وجود مشتری، حاضر به تولید خودروی برقی خواهند بود. توانمندی اندک کشور در تولید فناوری‌های مرتبط نظیر باتری‌های لیتیومی نیز چالش فنی مهم دیگری برای خودروسازان است. از بعد اجتماعی نیز، لزوم فرهنگ‌سازی از طریق ارائه بسته‌های تشویقی به مصرف‌کنندگان خودروهای برقی الزامی است(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵).

با وجود چالش‌های اجتماعی و فنی، خودروهای برقی به‌عنوان یک فناوری با تامین منابع لازم توسط سیستم اجتماعی- فنی حمل‌ونقل امکان ظهور و توسعه می‌یابند(Geels, 2004). سیستم حمل‌ونقل به‌عنوان یکی از اشکال سیستم‌های اجتماعی- فنی(Sovacool et al., 2009) دارای مولفه‌هایی نظیر بازار، مقررات، نمادهای فرهنگی و نظایر آن در قالب اجزایی نظیر ترجیحات کاربر، مقررات آلایندگی و فردگرایی است. متاسفانه سیستم‌های موجود دچار «قفل شدگی» هستند؛ امری که ایجاد تغییرات ساختاری و سیستمی(تغییرات در تنظیمات و پیکربندی تمامی ابعاد و اجزای سیستم‌های اجتماعی- فنی) را در آنها مشکل ساخته است(Geels, 2002).

یک تغییر موفق نیازمند تغییرات اساسی ابعاد مختلف یک سیستم اجتماعی- فنی به‌لحاظ فنی، ماهیتی، سازمانی، نهادی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی می‌شود(Kemp et al., 1998). علیرغم ضرورت چنین تغییرات سیستمی با ابعاد اجتماعی و فنی در سیستم حمل‌ونقل متعارف، مرور پیشینه داخلی نشان‌دهنده مطالعات اندک در این حوزه است؛ به‌ویژه آنکه این مطالعات به ابعاد فنی به‌ویژه لزوم ارائه زیرساخت‌های مناسب نظیر ایستگاه‌های شارژ(محمودی، شجاعی و شیخی، ۱۳۹۷) و ضرورت ارائه بسته حمایتی از تولیدکننده و مصرف‌کننده(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵) محدود شده‌اند و به سایر مولفه‌های ضروری جهت تغییرات اساسی به‌ویژه از نظر لزوم تغییرات اجتماعی و فرهنگی و شرایط حاکم بر بازار نپرداخته‌اند. از بعد مقررات گذاری نیز بررسی اسناد بالادستی نشان‌دهنده عدم وجود مقررات اثربخش در حوزه خودروهای برقی است. بررسی مشوق‌های قانونی پیش‌بینی شده در قوانین موجود برای توسعه حمل‌ونقل برقی در کشور نشان می‌دهد که عمده مقررات‌گذاری در حوزه اعطای تسهیلات مالی ناچیز و در قالب یارانه تحقیق و توسعه و معافیت مالیاتی به تولیدکننده و ارائه تسهیلات مالی اندک به مصرف‌کنندگان است(محمودی، شجاعی و شیخی، ۱۳۹۷)؛ درحالی‌که بنابر تجربیات جهانی استانداردگذاری وسایل نقلیه برقی(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵) در اولویت کشورها بوده؛ امری که در کشور ما مغفول واقع شده است.

بنابراین، با توجه به لزوم حرکت از سیستم اجتماعی- فنی حمل‌ونقل متعارف به سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در کشور و وجود موانع فنی و اجتماعی جهت این حرکت، هدف پژوهش حاضر شناسایی عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری وسایل نقلیه برقی در ایران در چارچوب سیستم اجتماعی- فنی حمل‌ونقل و بررسی اهمیت این عوامل است. در ادامه، پس از مرور پیشینه و تشریح روش پژوهش، به بیان یافته‌ها و بحث و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری

فناوری‌ها نقش مهمی در نوآوری‌های سیستم از جمله سیستم‌های حمل‌ونقل(برای مثال گذار از اسب به اتومبیل) ایفا می‌کنند. آنها در عین ایجاد مزیت رقابتی، از خود قدرتی ندارند و در ارتباط با سازمان‌های انسانی و سازه‌های اجتماعی ماهیت می‌یابند. بنابراین کارکرد فناوری‌ها در چارچوب سیستم اجتماعی- فنی معنا می‌یابد(Geels, 2005).

یک سیستم اجتماعی - فنی پیکربندی‌ای از کنشگران، فناوری‌ها و نهادهاست که برای تحقق کارکردهای اجتماعی ضروری‌اند(Kanger et al., 2018). عناصر این سیستم شامل شبکه‌ای از مشارکت‌کنندگان(افراد، بنگاه‌ها، سازمان‌ها و کنشگران جمعی)، نهادها(هنجارهای فنی و اجتماعی، مقررات و استانداردها)، دانش، محصولات و زیرساخت‌هاست. بنابراین، حرکت از یک سیستم اجتماعی- فنی به سیستم دیگر در کنار تحولات فناورانه، شامل تغییرات اجتماعی وسیع نظیر شیوه‌های کاربری، معانی فرهنگی، شبکه تامین، تولید و توزیع می‌شود(Geels, 2002).

سیستم‌های حمل‌ونقل، اشکالی از سیستم‌های اجتماعی- فنی‌اند(Sovacool et al., 2009). در عین حال که امروزه فناوری عنصری حیاتی برای تحول حمل‌ونقل است، منابعی به شکل دانش، سرمایه، نیروی کار، فرهنگ و نظایر آن نیز برای تولید و توزیع فناوری نیاز است؛ امری که توسط سیستم اجتماعی- فنی حمل‌ونقل فراهم می‌شود(Geels, 2004). در مجموع، این حرکت شامل مجموعه‌ای از نوآوری‌های فنی و غیر فنی است. برای مثال، ظهور یک سیستم حمل‌ونقل جدید با فناوری اتومبیل در هسته آن، توسعه زیرساخت‌های جاده، سیستم‌های تامین سوخت، قوانین و تعمیر و نگهداری را دربرداشت(Markard et al., 2012).

امروزه از وسایل نقلیه برقی به‌عنوان راه‌حلی برای حل مسائل زیست‌محیطی، اقتصاد و انرژی یاد می‌شود و سیاست‌گذاری‌هایی جهت توسعه آن انجام شده است(Lieven et al., 2011). اما نتایج نشان‌دهنده وجود چالش‌های فنی، زیرساختی، سازمانی و تجاری جهت حرکت از سیستم حمل‌ونقل متعارف به سیستم حمل‌ونقل با فناوری برقی است(Nilsson, 2011). چراکه فناوری‌های متعارف کنونی که به بلوغ رسیده‌اند، با سبک زندگی، فناوری‌های مکمل، مدل‌های کسب و کار و ساختارهای نهادی و سیاسی درهم تنیده شده‌اند. امری که از آن به‌عنوان وابستگی به مسیر یا قفل‌شدگی یاد می‌شود. در چنین شرایطی، مشکلات موجود با اقدامات سیاستی معمول به راحتی حل نمی‌شوند و یک تغییر سیستمی نیاز است تا سیستم کنونی را از قفل‌شدگی در همه ابعاد فنی و اجتماعی رها کند(ثقفی و آزادگان مهر، ۱۳۹۷).

به‌صورت کلی یک سیستم اجتماعی- فنی حمل‌ونقل شامل مولفه‌های مختلف سیاستی، علمی، فناوری، اجتماعی- فرهنگی، بازار و عامل تولید در قالب تولیدکننده و تامین‌کننده است(Geels, 2004;2005) که حرکت از یک سیستم حمل‌ونقل متعارف به یک سیستم مبتنی بر وسایل نقلیه برقی نیازمند تغییرات سیستمی در این ابعاد است.

با توجه به ضرورت توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در ایران، بررسی پیشینه نشان‌دهنده وجود چالش‌های متعدد فنی و اجتماعی نظیر فقدان حمایت‌های زیرساختی در قالب فقدان ایستگاه‌های شارژ، مسیرهای ویژه تردد و پارکینگ‌های اختصاصی برای خودروهای برقی(محمودی، شجاعی و شیخی، ۱۳۹۷)، هزینه تمام شده بالا و اختلاف قیمت بالای خودروهای برقی در مقایسه با خودروهای بنزینی و نیاز به ارائه بسته‌های حمایتی از سوی دولت جهت تشویق مردم به خرید این نوع خودروها و تشویق خودروساز به تولید(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵) و نیز عدم وجود استانداردهای موردنیاز برای تجهیزات برقی وسایط برقی و اتصال آنها به شبکه برق(دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، بی تا) است. چالش‌هایی که غلبه بر آنها نیازمند به‌کارگیری دیدگاه سیستمی متشکل از ابعاد فنی و اجتماعی است.

بنابراین در این پژوهش، ابتدا با درنظرگرفتن سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی به‌عنوان یک سیستم اجتماعی- فنی، عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری وسایل برقی(اجزای سیستم) در قالب ۶ بعد(مولفه) این سیستم گزارش می‌شوند. سپس به اولویت‌بندی عوامل شناسایی شده با توجه به شرایط کشور پرداخته می‌شود.

۲-۱- سیاستی

سیاست‌گذاری در توسعه وسایل نقلیه برقی اهمیت بسزایی دارد. اولین اقدام می‌تواند تدوین نقشه راه و ترسیم اهداف راهبردی جهت گسترش استفاده از وسایل نقلیه برقی به‌شکل تعیین بازار هدف، حمایت از بازار، توسعه استانداردهای مرتبط و تحقیق و توسعه در فناوری‌های مربوطه باشد.

اعمال سیاست‌های محدودکننده وسایل نقلیه با موتور احتراق داخلی در مناطق شهری(Dijk et al., 2013)، اعطای پلاک رایگان به متقاضیان(Wang et al., 2017) و تدوین استاندارد وسایل نقلیه برقی(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵)، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه جهت تحریک نوآوری‌های مرتبط(Zhang et al., 2017)، همکاری‌های بین‌المللی در برنامه‌های تحقیقاتی، انطباق زیرساخت‌ها و سیستم‌های شارژ(IEA, 2009) و فعالیت‌های ترویجی به‌شکل طرح‌های به اشتراک‌گذاری خودرو، امکان تست رانندگی و فرهنگ‌سازی از اقدامات مهم تنظیم‌گری، مالی و ترویجی دولت است(Berkeley et al., 2017). ارائه زیرساخت‌های شارژ و توزیع مناسب برق (IEA, 2009)، طراحی شهری و جاده‌ای(Liu et al., 2017)، اعطای یارانه خرید، تخفیفات پارکینگ و شارژ به کاربران(Heidrich et al., 2017)، عدم محدودیت رانندگی بر اساس شماره پلاک، معافیت مالیاتی و عوارض جاده‌ای(Wang et al., 2017)، اختصاص یارانه به کسب و کارها جهت تولید، توسعه و بازاریابی(Becker et al., 2013) و کاهش تعرفه واردات قطعات(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵) از دیگر مشوق‌های دولتی در بعد زیرساختی، حمایت از کاربر و تولیدکننده‌اند.

۲-۲- علمی

به‌زعم پژوهشگران، تمرکز بر فعالیت‌های تحقیق و توسعه جهت توسعه فناوری‌های مرتبط با وسایل نقلیه برقی ضروری است؛ چراکه این صنعت با چالش جدی در زمینه فناوری‌های اصلی به‌ویژه باتری روبروست(Du et al., 2017). این محدودیت‌های فنی جدی، معرفی و نفوذ به بازار را دشوار کرده است(IEA, 2009). به‌نحوی که در صورت بهبود عملکرد این وسایل و کاهش اختلاف قیمت آنها با وسایل نقلیه مرسوم، توسعه بازار رخ می‌دهد(Berkeley et al., 2017).

۲-۳- فناوری

ایجاد آمادگی زیرساختی و توسعه فناوری‌های مرتبط با وسایل نقلیه برقی نیز مهم است. تخصیص زمین جهت توسعه زیرساخت‌های شارژ(Wang ET AL., 2017) در قالب دسترسی به ایستگاه‌های شارژ عمومی در مکان‌های متعدد اعم از خانه، بزرگراه و محل کار(Javid et al., 2017; Lin et al., 2018) به‌شکل امکان شارژ سریع و بی‌سیم(Berkeley et al., 2017) مثال واضحی است. زیرا خودروهای برقی کنونی به‌دلیل انرژی پایین باتری‌هایشان نیازمند شارژ مداوم طی مسافت‌های کوتاه‌اند(پیره‌بایی و دیگران، ۱۴۰۱). علاوه بر این، باید ابعاد مختلف مرتبط با باتری وسایل نقلیه برقی همچون ذخیره‌سازی، چرخه تخلیه باتری، دوام و طول عمر، تراکم انرژی، چگالی قدرت، دما، زمان شارژ، هزینه باتری و بازیافت باتری جهت تجاری‌سازی این گونه وسایل نقلیه مورد توجه باشد(IEA, 2009).

۲-۴- تولید-صنعت

فراوانی مواد و قطعات جهت تولید(Liu et al., 2017) عامل مهمی است؛ به‌ویژه آنکه وسایل نقلیه برقی نیاز به قطعات جدید مانند موتور و باتری دارند و تعداد قطعات مورد نیاز آنها از وسایل نقلیه با موتور احتراق داخلی کمتر است. امری که ورود تازه‌واردان به بازار وسایل نقلیه برقی را کاهش خواهد داد(Dijk et al., 2013) و بر تمایل تولیدکننده و تامین کننده تاثیر منفی دارد(Liu et al., 2017).

۲-۵- اجتماعی- فرهنگی

بدیهی است که ویژگی‌های جامعه کاربری بر پذیرش و کاربرد فناوری تاثیرگذار است. وسایل نقلیه برقی نیز از این قاعده مستثنی نیستند. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نظیر تحصیلات(Javid et al., 2017) و متوسط درآمد(Heidrich et al., 2017) ۲ عامل مهم هستند. از بعد روان‌شناختی نیز هنجارهای شخصی و نگرش در تمایل مصرف‌کنندگان جهت اتخاذ وسایل نقلیه برقی تاثیرگذارند. ازاین‌رو، دولت می‌تواند از تبلیغات و آموزش در رسانه‌های اجتماعی جهت تاثیرگذاری بر این هنجارها استفاده نماید(He et al., 2018)؛ چراکه دغدغه اصلی طرفداران محیط زیست بحث باتری و آلودگی زیست‌محیطی است(She et al., 2017). زیرا در حال حاضر این خودروها دارای باتری‌های لیتیومی هستند که دارای آلودگی زیست‌محیطی مخربی است(پیره‌بایی و دیگران، ۱۴۰۱). از سوی دیگر، به دلیل نوظهور بودن این فناوری، آگاهی عمومی و اعتماد نسبت به کاربرد آن پایین است(Berkeley et al., 2017).

۲-۶- بازار و ترجیحات کاربر

براساس مطالعات، عوامل مرتبط با تولید و توزیع بر کاربرد گسترده وسایل نقلیه برقی تاثیر بسزایی دارد. آمادگی و تمایل تولیدکننده برای تولید، طراحی مدل کسب و کار نوآورانه برای کنترل هزینه‌ها و درآمدزایی(Liu et al., 2017) و برطرف کردن کارکرد ضعیف شبکه فروش و توزیع وسایل نقلیه برقی در قالب مواردی نظیر عدم دسترسی به وسایل نقلیه برقی در نمایندگی‌ها، عدم نمایش مدل وسیله در سایت و تست رانندگی و دوره انتظار طولانی برای دریافت وسیله پس از سفارش نمونه آن است(Matthews et al., 2017). قیمت‌گذاری مناسب و برندسازی نیز مهم است؛ چراکه نفوذ وسایل نقلیه برقی به بازارهای بزرگ با وجود قیمت بالا، هزینه استفاده زیاد، عدم تنوع مدل و فقدان محبوبیت برند دشوار است(Liu et al., 2017). پس از فروش و توزیع، نوبت به خدمات پس از فروش در قالب وجود شبکه‌های تعمیر و نگهداری می‌رسد. ضمن آنکه مقاومت شرکت‌های بیمه خودرو در بیمه کردن وسایل نقلیه برقی به دلیل پذیرش محدود آنها چالش‌زاست(Liu et al., 2017).

باید توجه داشت که در واقع ترجیحات کاربر و ساختار بازار تعیین‌کننده تولید و کاربرد این وسایل است. به‌نحوی که امکان فعالیت بازیگران جدید نظیر تولیدکنندگان خارجی و انتظارات مصرف‌کننده از این وسایل در قالب ایمنی، سرعت و راحتی و نیز قیمت و هزینه پایین استفاده موجب گسترش آن می‌شود(Liu et al., 2017). در انتها، عوامل مستخرج از پیشینه به‌شکل خلاصه در جدول شماره ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱: عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری وسایل نقلیه برقی (پیشینه ادبیات)

ابعاد	عامل	نویسنده
سیاستی	سیاست‌ها و مشوق‌های حمایتی به کاربران، تولید کنندگان، مراکز تحقیقاتی و توسعه زیرساخت	(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵) (Wang et al., 2017; Heidrich et al., 2017; Becker et al., 2013)
	تنظیم‌گری	(Dijk et al., 2013; Wang, Pan & Zheng, 2017)
	تدوین طرح ملی تحرک برقی	(IEA, 2009)
	برنامه‌های ترویجی برای آگاهی و اعتمادسازی	(Berkeley et al., 2017)
	همکاری‌های بین‌الملل جهت کسب تجارب از کشورهای پیشرو	(IEA, 2009)
علمی	فعالیت‌های تحقیق و توسعه	(Berkeley et al., 2017; Du et al., 2017; IEA, 2009)
فناوری	آمادگی در فناوری‌های مرتبط	(پیره‌بایی و همکاران، ۱۴۰۱) (IEA, 2009)
	آمادگی زیرساختی کاربری	(Javid et al., 2017; Lin et al., 2018; Wang et al., 2017)
تولید- صنعت	تولید کننده و تامین‌کننده داخلی	(Dijk et al., 2013)
	آمادگی زیرساختی تولید	(Liu et al., 2017)
	آمادگی و تمایل تولیدکننده	(Liu et al., 2017)
اجتماعی- فرهنگی	ویژگی‌های جمعیت شناختی (تحصیلات و درآمد) کاربران	(Javid et al., 2017; Heidrich et al., 2017)
	ویژگی‌های روان شناختی (ارزش و نگرش) کاربران	(پیره‌بایی و همکاران، ۱۴۰۱) (Berkeley et al., 2017; He et al., 2018; She et al., 2017)
بازار و ترجیحات کاربر	شبکه تعمیر و نگهداری و خدمات پس از فروش	(Liu et al., 2017)
	قیمت و هزینه استفاده از وسایل نقلیه برقی	(Liu et al., 2017)
	ترجیحات، نیاز و رفتار کاربران	(Liu et al., 2017)
	مدل کسب و کار مناسب	(Liu et al., 2017)

ابعاد	عامل	نویسنده
	ساختار بازار و رقابت	(Liu et al., 2017)
	شبکه توزیع و فروش	(Matthews et al., 2017)
	تنوع مدل و اعتبار برند	(Liu et al., 2017)

۳- روش‌شناسی پژوهش

هدف پژوهش حاضر، شناسایی عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در ایران و بررسی روابط میان این عوامل است. با توجه به هدف پژوهش جهت یافتن راه‌حل برای مشکلی خاص، پژوهش از حیث ماهیت و هدف، کاربردی است(اعرابی، ۱۳۸۸) که طی سال ۱۴۰۱ انجام شده است. پژوهش با رویکرد آمیخته و ترکیبی از رهیافت‌های کمّی و کیفی، انجام شده است(بازرگان هرندی، ۱۳۸۷). رویکرد آمیخته زمانی کاربرد دارد که پژوهشگر بخواهد داده‌های بدست آمده از پدیده مورد مطالعه را با گردآوری شواهد کیفی و اندازه‌گیری‌های کمّی تحلیل کند(Creswell et al., 2005). رویکرد آمیخته دارای ۲ طرح کلی ترکیبی همزمان و ترکیبی متوالی است. ما در این پژوهش از طرح آمیخته متوالی استفاده کرده‌ایم. در این شیوه، یکی از رهیافت‌ها به دنبال رهیافت دیگر اجرا می‌شود. یعنی می‌توان ابتدا روش کمّی و سپس روش کیفی را اجرا کرد و یا برعکس(محمدپور، ۱۳۹۰). دلیل کاربرد این طرح، نیاز پژوهش ما به شناسایی عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در فاز نخست(رهیافت کیفی) و سپس اولویت‌بندی عوامل شناسایی شده جهت تعیین اهمیت آنها در مرحله بعدی(رهیافت کمّی) است. امری که به‌صورت همزمان قابل انجام نیست.

جامعه آماری پژوهش را خبرگان صنعت، اساتید دانشگاهی و سیاست‌گذاران حوزه خودروی برقی تشکیل می‌دهند. با توجه به وابستگی صنعت حمل‌ونقل ایران به سوخت‌های فسیلی و عدم شکل‌گیری سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری خودروی برقی، بازیگران اصلی این سیستم در حال حاضر محدود هستند که تلاش ما بر مصاحبه با این بازیگران موجود تا حد امکان بوده است. با لحاظ کردن این موضوع و با توجه به اینکه پژوهشگرانی نظیر ترسین و ریگز[3] (۱۹۷۶) و بریدی[4](۲۰۰۲) معتقدند که در صورت همگن بودن گروه مشارکت‌کنندگان، حجم نمونه ۱۰ تا ۱۵ نفر جهت حصول نتایج اثربخش کافی است(بایبوردی و دیگران، ۱۴۰۰)، بر این اساس ۱۵ نفر جامعه آماری محسوب می‌شوند.

همان‌طور که گفته شد، هدف پژوهش ما شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در ایران است. توسعه چنین سیستمی ذینفعان مختلفی اعم از سیاست‌گذاران، شرکت‌ها و کاربران را شامل می‌شود. بنابراین، تلاش ما بر انتخاب جامعه پژوهش از میان این بازیگران بوده تا تعمیم‌پذیری یافته‌ها افزایش یابد. ضمن آنکه جهت کنترل تفکر گروهی و سوگیری‌های احتمالی، پرسشنامه‌ها به‌صورت ناشناس توسط شرکت‌کنندگان تکمیل شدند.

در فاز کیفی، با بررسی پیشینه و انجام مطالعات کتابخانه‌ای، عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی شناسایی و در چارچوب ابعاد (مولفه‌ها) سیستم اجتماعی-فنی حمل‌ونقل گزارش شدند. سپس از طریق مصاحبه‌های نیمه ساختار یافته با ۸ نفر از خبرگان این حوزه (جدول شماره ۲)، سایر عوامل موثر نیز شناسایی شدند. انجام مصاحبه‌ها با نمونه‌گیری هدفمند آغاز شد و تا رسیدن به کفایت نظری(بدست نیامدن مقوله و مولفه جدید)(دانایی‌فرد، آذر و الوانی، ۱۳۸۶) ادامه یافت. در نمونه‌گیری هدفمند، افراد از دانش تخصصی برخوردار و قادر به ارائه اطلاعات ارزشمندند. این مصاحبه‌ها، به‌طور میانگین ۵۰ دقیقه به‌طول انجامیدند. بنابراین، بخش کیفی پژوهش با ارائه مدل مفهومی اولیه (شکل شماره ۱) خاتمه یافت. جهت انجام فاز کمّی، با استفاده از شیوه گلوله‌برفی، از خبرگان شناسایی شده خواسته شد تا افراد مطلع دیگر را معرفی کنند. بدین ترتیب با شناسایی ۷ خبره دیگر، جامعه پژوهش مطابق با جدول شماره ۲ تکمیل شدند.

جدول ۲: فهرست خبرگان (جامعه پژوهش)

ردیف	سمت	رتبه علمی	مصاحبه	پرسشنامه
۱	معاون مهندسی و طراحی خودرو مرکز تحقیقات و نوآوری صنایع خودرو سایپا	دکترا	☐	☐
۲	معاون فناوری‌های پیشرفته خودرویی مرکز تحقیقات و نوآوری صنایع خودرو سایپا و عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	دکترا		☐
۳	مدیر عامل گروه توسعه وسایل نقلیه برقی شرکت بناشریف	دکترا	☐	☐

3 Tersine and Rigidez

4 Biridi

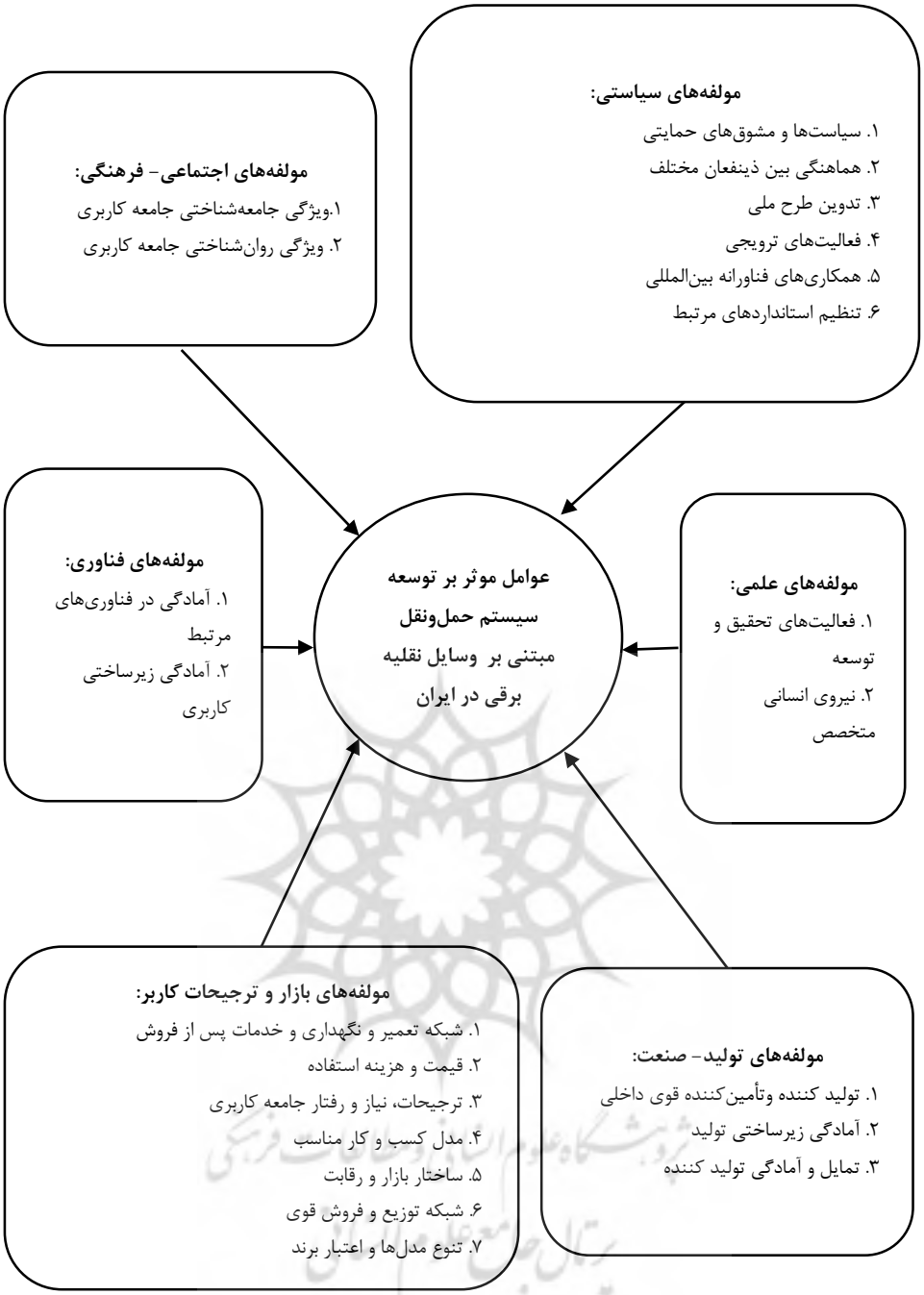
ردیف	سمت	رتبه علمی	مصاحبه	پرسشنامه
۴	معاون مهندسی صنایع خودرو ایران خودرو	دکترا	☐	☐
۵	عضو شرکت هخامنش موتور آریا (طراحی، مهندسی و ساخت وسایل نقلیه برقی و هیبریدی)	کارشناسی		☐
۶	عضو شرکت ماشین‌آلات برقی بانی پاک ماشین	کارشناسی ارشد		☐
۷	عضو شرکت آریا خودروی سیمای سبز	کارشناسی		☐
۸	عضو پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط زیست دانشگاه تهران و عضو هیأت علمی دانشکده مکانیک دانشگاه تهران	دکترا		☐
۹	رئیس پژوهشکده فناوری خودرو دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترا		☐
۱۰	مدیر مرکز توسعه فناوری خودرو برقی پژوهشگاه نیرو	دکترا	☐	☐
۱۱	کارشناس مرکز توسعه فناوری خودرو برقی پژوهشگاه نیرو	دکترا	☐	☐
۱۲	عضو شرکت پاراکس موتورز قزوین	کارشناسی ارشد		☐
۱۳	رئیس شورای راهبردی برنامه آینده‌نگاری علم و فناوری صنعت خودرو و مدیر عامل اسبق گروه صنعتی ایران خودرو	دکترا	☐	☐
۱۴	دبیر برنامه آینده‌نگاری علم و فناوری صنعت خودرو و عضو هیأت علمی دانشگاه علامه طباطبائی	دکترا	☐	☐
۱۵	معاون مطالعه و تصویب طرح های کلان ملی فناوری معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	کارشناسی ارشد	☐	☐

پس از شناسایی عوامل موثر، مرتبط بودن آنها با هدف پژوهش(تحلیل روایی محتوا) با پرسشنامه تکنیک دلفی فازی بررسی شد. مزیت اصلی این روش در غربال‌گری معیارها(تایید و غربال‌گری عوامل موثر شناسایی شده براساس مرور پیشینه و مصاحبه در پژوهش ما) آن است که با یکبار انجام می‌توان موارد را به‌صورت جامع، مرتب و غربال کرد(Habibi, Firoozi & Sarafrazi, 2015). در این روش از مجموعه اعداد فازی استفاده می‌شود که به‌موجب آن هر مجموعه دارای ارزشی بین صفر و یک است. این به خبرگان اجازه می‌دهد که نظرات خود را بدون هیچ انحراف مبهمی ابراز کنند و بدون به خطر افتادن نظرات واقعی خود را به اجماع برسند. این روش بر مبنای تفکر گروهی خبرگان بنا شده؛ امری که اعتبار اطلاعات جمع‌آوری شده را تضمین می‌کند و اطمینان می‌دهد که هیچ سوءتعبیری از نظرات خبرگان نشود؛ چراکه فازی بودن تمام فرایند پژوهش را درنظرگرفته است. بنابراین به‌دلیل افزایش اثربخشی و کارایی پرسشنامه، می‌توان ارزیابی بی‌طرفانه‌تری از طریق تحلیل‌های آماری بدست آورد(فقیهی و دیگران، ۱۳۹۰).

جهت انجام کار، پرسشنامه محقق ساخته شامل ۲۲ عامل مستخرج از پیشینه و مصاحبه‌ها تدوین شد. پایایی پرسشنامه با رابطه ۱ و با توزیع میان ۹ خبره و محاسبه آلفای کرونباخ در نرم‌افزار SPSS انجام و کسب ضریب بالای ۰,۷ مبنای پایا بودن پرسشنامه قرار گرفت(بازرگان هرندی، حجازی و سرمد، ۱۳۸۵). روایی پرسشنامه نیز با روایی ظاهری و محتوایی بررسی شد. جهت روایی ظاهری، پرسشنامه در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان قرار گرفت و از آنان خواسته شد تا میزان اهمیت هر یک از آیتم‌های پرسشنامه را در یک طیف لیکرت ۵ تایی از عدد یک(اصلا مهم نیست) تا عدد پنج(کاملا مهم)، مشخص کنند. برای تایید روایی ظاهری هر عامل، امتیاز تاثیر آن نباید کمتر از ۱,۵ باشد. بنابراین فقط سوالاتی از نظر روایی ظاهری قابل قبولند که نمره آنها بالاتر از ۱,۵ باشد. جهت روایی محتوایی نیز پرسشنامه در اختیار ۱۰ خبره قرار گرفت و از آنها خواسته شد دیدگاه اصلاحی خود را ارائه دهند(Cohen, Manion & Morrison, 2002).

رابطه ۱:
$$\propto = \frac{k}{K-1} = [1 - \frac{\sum_{i=1}^{k} \sigma_i^2}{\sigma^2}]$$

پس از تایید پایایی و روایی ابزار، پرسشنامه میان ۱۵ نفر از خبرگان توزیع و با منطق فازی تحلیل شد. ابتدا، با استفاده از طیف فازی جدول شماره ۳، اعداد فازی مثلثی جایگزین نظرات خبرگان در خصوص سنجش اهمیت هر عامل شد.



شکل ۱: مدل مفهومی اولیه پژوهش (مستخرج از پیشینه و مصاحبه)

جدول ۳: طیف لیکرت تکنیک دلفی فازی و معادل فازی آن

عبارات زبانی	اهمیت خیلی کم	اهمیت کم	اهمیت متوسط	اهمیت زیاد	اهمیت خیلی زیاد
اعداد فازی مثلثی	(۰،۰ ،۰،۲۵)	(۰،۰ ،۰،۵) (۰،۲۵)	(۰،۵ ،۰،۷۵) (۰،۲۵)	(۰،۷۵ ،۱) (۰،۵)	(۱ ،۱) (۰،۷۵)

سپس برای تجمیع نظرات خبرگان، از روش میانگین فازی استفاده شد. در این روش، اگر نظر هر متخصص به‌صورت یک عدد فازی مثلثی (l, m, u) نشان داده شود، میانگین نظرات فازی خبرگان طبق رابطه ۲ محاسبه می‌شود. پس از تجمیع نظرات خبرگان، مقادیر فازی‌زدایی می‌شود. بدین ترتیب ارزش‌های فازی نهایی به یک عدد واضح تبدیل می‌شود. یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای انجام این کار محاسبه میانگین اعداد فازی مثلثی با استفاده از رابطه ۳ است. پس از فازی‌زدایی مقادیر، ارزش آستانه باید درنظرگرفته شود. این ارزش معمولا ۰,۷ درنظرگرفته می‌شود. این بدان معناست که اگر ارزش قطعی تجمیع نظرات خبرگان بالاتر از ارزش آستانه باشد، معیار قابل قبول است و در غیر این صورت، کنار گذاشته می‌شود(Hsu, Lee & Kreng, 2010).

رابطه ۲: $$F_{AVE} = \left(\frac{\sum L}{n}.\frac{\sum M}{n}.\frac{\sum u}{n}\right)$$

رابطه ۳: $F = \frac{l+m+u}{3}$

پس از غربال عوامل، با توجه به کاربرد روش دیمتل فازی جهت بررسی رابطه میان عوامل و تعیین اهمیت آنها(Chang et al., 2011)، پرسشنامه دیمتل فازی به‌منظور تعیین میزان اهمیت و ضرورت توجه به هر یک از این عوامل با توجه به نقش و تاثیر آنها در سیستم طراحی و در اختیار ۱۵ خبره قرار گرفت تا براساس مقایسات زوجی، تاثیر عوامل بر یکدیگر را ارزیابی نماید(حبیبی، سرافرازی و ایزدیار، ۱۳۹۳). روایی پرسشنامه، مانند دلفی فازی تایید شد. پایایی آن نیز از طریق روش سنجش سازگاری درونی در SPSS با رابطه ۴ محاسبه شد(p تعداد پاسخ‌دهندگان). در این روش، قابلیت اطمینان بالای ۹۵٪ ملاک پایایی است(Chiu et al., 2010).

رابطه ۴: $g = \frac{1}{n(n-1)} \Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{n} \frac{d_c^{ij\,(p)} - d_c^{ij\,(p-1)}}{d_c^{ij\,(p)}} \times 100$

قابلیت اطمینان: $\left(1 - \frac{g}{100}\right) \times 100$

پس از تایید روایی و پایایی ابزار، برای انجام محاسبات روش دیمتل فازی از یک طیف زبانی مناسب برای گردآوری داده‌ها استفاده می‌شود. مقیاس زبانی مورداستفاده و مقادیر قطعی و فازی متناظر با آنها در جدول شماره ۴ آمده است. برای اندازه‌گیری روابط بین عوامل، آنها را در یک ماتریس مربعی قرار داده و از خبرگان می‌خواهیم آنها را به‌صورت زوجی و براساس میزان تاثیرشان بر یکدیگر مقایسه نمایند. پس از جمع‌آوری نظرات، معادل فازی هر یک از پاسخ‌ها جایگزین می‌شود. با فرض اینکه، تعداد n عامل و p خبره داشته باشیم، p ماتریس فازی داریم که هر یک متناظر با نظرات یک خبره همراه با اعداد فازی مثلثی به‌عنوان عناصر آن است.

جدول ۴: طیف لیکرت تکنیک دیمتل فازی و معادل فازی آن

عبارات زبانی	بدون تاثیر	تاثیر خیلی کم	تاثیر کم	تاثیر زیاد	تاثیر خیلی زیاد
اعداد قطعی	۰	۱	۲	۳	۴
اعداد فازی مثلثی	(۰,۰ ,۰,۲۵)	(۰,۲۵ ,۰,۵)	(۰,۲۵ ,۰,۵ ,۰,۷۵)	(۰,۵ ,۰,۷۵ ,۱)	(۰,۷۵ ,۱ ,۱)

سپس، جهت تجمیع نظرات خبرگان، میانگین فازی تاثیرات عوامل بر یکدیگر طبق رابطه ۵ محاسبه شد و ماتریس ارتباط مستقیم فازی عوامل تشکیل شد(حبیبی، سرافرازی و ایزدیار، ۱۳۹۳). در گام بعدی، از رابطه نرمال‌سازی برای تبدیل مقیاس‌های معیارها به مقیاس‌های قابل مقایسه استفاده شد. بدین طریق که در ابتدا، جمع مقادیر کران بالا یا u طبق رابطه ۶ برای هر سطر محاسبه و بزرگترین مقدار آن به‌عنوان r انتخاب می‌شود و طبق رابطه ۷ بر تمام درایه‌های ماتریس مستقیم فازی عوامل تقسیم می‌شود(تمامی عناصر ماتریس ارتباط مستقیم فازی عوامل بر مقدار بیشینه (r) تقسیم شد).

رابطه ۵: $Z_{ij} = \left(\frac{\sum l_{ij}}{n} . \frac{\sum m_{ij}}{n} . \frac{\sum u_{ij}}{n}\right)$

رابطه ۶: $r = max_{1\le i\le n}\left(\sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right)$

رابطه ۷: $H_{ij} = \frac{z_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r} . \frac{m_{ij}}{r} . \frac{u_{ij}}{r}\right)$

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل فازی عوامل (TC)، در ابتدا ماتریس نرمال ارتباط مستقیم فازی عوامل به سه ماتریس قطعی(کران بالا، کران محتمل و کران پایین) ریز شد. همچنین، مقادیر فازی r(تاثیرگذاری) و c(تاثیرپذیری) با رابطه ۸ محاسبه شد.

رابطه ۸: $R = (R_i)_{1\times n} = \left[\sum_{i=1}^{n} T_{ij}\right]_{1\times n}$

رابطه ۸: $C = (C_i)_{n\times 1} = \left[\sum_{j=1}^{n} T_{ij}\right]_{n\times 1}$

کلیه مقادیر بدست آمده R+C و R-C اعداد فازی هستند که برای بدست آوردن نمودار علت - معلولی باید آنها را فازی‌زدایی کنیم. این امر از طریق رابطه ۹ انجام شد و مقادیر به یک ارزش قطعی تبدیل شدند.

رابطه ۹: $B = \frac{l+u+2m}{4}$

بعد از فازی‌زدایی اعداد، دستگاه مختصات ترسیم می‌شود. در این دستگاه، محور طولی، مقادیر R+C را نشان داده و R-C محور عرضی است. بردار افقی در دستگاه مختصات، نشانگر میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری عامل موردنظر در سیستم است. به‌عبارت دیگر، هر چه این مقدار برای یک عامل بیشتر باشد، آن عامل نقش بیشتری در سیستم دارد. بردار عمودی، قدرت خالص تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. در مجموع، اگر این مقدار برای یک عامل مثبت باشد، یک متغیر علّی(تاثیرگذار) محسوب شده و اگر منفی باشد، یک متغیر معلول(تاثیرپذیر) محسوب می‌شود. بدین ترتیب روابط میان عوامل و شدت اثر آنها در سیستم شناسایی شد. بدین صورت که هرچه مقدار Ri+Cj عاملی بیشتر باشد، آن عامل نقش بیشتری در سیستم دارد. اگر Ri-Cj مثبت باشد، آن عامل علت و اگر منفی بود، آن عامل معلول است. در ادامه، جهت ترسیم نقشه روابط شبکه، تمام مقادیر ماتریس ارتباط کامل فازی عوامل، طبق رابطه ۹، فازی‌زدایی شدند و ارزش آستانه برابر با میانگین مقادیر ماتریس ارتباط کامل فازی‌زدایی شده درنظرگرفته شد. تمامی مقادیر ماتریس که کوچکتر از ارزش آستانه باشند صفر شده؛ یعنی آن رابطه علّی در

نظر گرفته نخواهد شد(حبیبی، سرافرازی و ایزدیار، ۱۳۹۳). بدین ترتیب بخش کمّی پژوهش نیز پایان یافت.

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- یافته‌های کیفی

پس از مرور پیشینه، عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در قالب ۲۰ عامل و در ۶ بعد سیاستی، علمی، فناوری، تولید-صنعت، اجتماعی- فرهنگی و بازار که ابعاد تشکیل‌دهنده سیستم اجتماعی- فنی حمل‌ونقل هستند، دسته‌بندی شدند.

براساس یافته‌ها، چنین امری با ارائه بسته سیاستی- حمایتی همراه با تدوین نقشه راه توسعه کاربری وسایل نقلیه برقی و با مشارکت تمامی ذی‌نفعان دولتی، سیاستی، تحقیقاتی، کاربران، بازار و صنعت امکان‌پذیر است. این بسته سیاستی شامل راهبردهای متنوعی نظیر حمایت مالی و غیرمالی از کاربر در قالب یارانه خرید و پارکینگ رایگان یا ارزان(Heidrich et al., 2017) و معافیت از عوارض جاده‌ای(Wang et al., 2017)، اعطای یارانه تولید و توزیع و بازاریابی به تولیدکننده(Becker et al., 2013)، اعطای مشوق تحقیق و توسعه در حوزه فناوری‌های مربوطه به خودروسازان و مراکز تحقیقاتی(Zhang et al., 2017) و توسعه زیرساخت‌های شهری و فنی(IEA, 2009; Liu et al., 2017) است. ضمن آنکه مقررات‌گذاری به‌شکل محدود کردن تردد وسایل حمل‌ونقل متعارف در شهرها(Dijk et al., 2013) و تدوین استاندارد وسایل نقلیه برقی(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵)، آگاه‌سازی جامعه از مزایای خودروهای برقی و طرح‌های به اشتراک‌گذاری خودرو(Berkeley et al., 2017) و توسعه همکاری‌های بین‌المللی در زمینه توسعه فناوری و زیرساخت(IEA, 2009) نیز از دیگر اقدامات مهم تنظیم‌گری و ترویجی است.

از نظر علمی، با توجه به وجود چالش جدی در زمینه فناوری‌های مرتبط و اصلی به‌ویژه باتری و در نتیجه ناکامی در توسعه بازار، سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های تحقیق و توسعه این حوزه(Du et al., 2017) ضروری است. ضمن آنکه در کنار گسترش فعالیت‌های علمی، ایجاد آمادگی فناورانه در بعد زیرساخت و فناوری‌های مرتبط نیز ضرورتی غیرقابل انکار است. به‌نحوی‌که لزوم مهیا بودن ایستگاه‌های شارژ(Javid et al., 2017) و پرداختن به جزئیات باتری به‌عنوان یک فناوری اصلی در وسایل نقلیه برقی(قدرت، دما، هزینه و ...)(IEA, 2009) برجسته می‌شود.

پس از سیاست‌گذاری و گسترش فعالیت‌های علمی و فناورانه، نوبت به تقویت تولید از نظر تامین مواد اولیه و قطعات ضروری به‌ویژه باتری و ایجاد تمایل در تولیدکننده جهت ورود به بازار می‌رسد(Liu et al., 2017). بدیهی است که در کنار مهیا شدن شرایط تولید، توجه به مولفه‌های بازار در قالب توجه به ترجیحات کاربر نظیر ایمنی، سرعت و قیمت پایین(Liu et al., 2017) و ایجاد مدل کسب و کار متناسب، قیمت‌گذاری مناسب و برندسازی، توسعه شبکه فروش و توزیع در قالب امکان تست رانندگی برای خریدار و تحویل فوری(Matthews et al., 2017) و ارائه خدمات پس از فروش به‌شکل تعمیر و نگهداری(Liu et al., 2017) ضروری است. در نهایت، ارزش‌ها و ملاحظات جامعه کاربری نظیر درآمد(Heidrich et al., 2017) و ملاحظات زیست‌محیطی(She et al., 2017) تعیین‌کننده استقبال از وسایل نقلیه برقی به‌عنوان یک فناوری نوظهور خواهد بود؛ امری که با آگاه‌سازی جامعه از طریق رسانه‌ها و رویدادها محقق می‌شود(He et al., 2018).

مصاحبه‌شوندگان تنها ۲ عامل، توسعه نیروی انسانی متخصص در زمینه‌های مرتبط با وسایل نقلیه برقی به ویژه نخبگان الکترونیک و برق(در بعد علمی) و دوم، ایجاد هماهنگی بین ذی‌نفعان(در بعد سیاستی) را عوامل مهم جدید دانستند. بدین ترتیب عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در ایران متشکل از ۲۲ عامل در ۶ بعد در قالب جدول شماره ۵ تدوین شد.

جدول ۵: عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در ایران (بر اساس جمع‌بندی نویسنده از پیشینه و مصاحبه‌ها)

ابعاد	عوامل	ابعاد	عوامل
D_1: مولفه‌های سیاستی	C_1: مشوق حمایتی C_2: هماهنگی میان ذینفعان C_3: تدوین طرح ملی C_4: فعالیت‌های ترویجی C_5: پروژه‌های بین‌المللی C_6: تنظیم استانداردها	D_4: مولفه‌های تولید-صنعت	C_{11}: تولیدکننده و تامین‌کننده داخلی C_{12}: آمادگی زیرساختی تولید C_{13}: آمادگی و تمایل تولید کننده

ابعاد	عوامل	ابعاد	عوامل
D_2: مولفه‌های علمی	C_7: تحقیق و توسعه C_8: نیروی انسانی متخصص	D_5: مولفه‌های اجتماعی- فرهنگی	C_{14}: ویژگی جمعیت‌شناختی کاربران C_{15}: ویژگی روان‌شناختی کاربران
D_3: مولفه‌های فناوری	C_9: آمادگی در فناوری‌های مرتبط C_{10}: آمادگی زیرساختی کاربری	D_6: مولفه‌های بازار و ترجیحات کاربر	C_{16}: شبکه تعمیر و نگهداری C_{17}: قیمت و هزینه استفاده C_{18}: ترجیحات کاربران C_{19}: مدل کسب و کار C_{20}: ساختار بازار و رقابت C_{21}: شبکه فروش و توزیع C_{22}: تنوع مدل و اعتبار برند

۴-۲- یافته‌های کمّی

۴-۲-۱- ارتباط عوامل شناسایی شده با هدف پژوهش (پرسشنامه دلفی فازی)

جهت اطمینان از مرتبط بودن ۲۲ عامل شناسایی شده و ۶ بعد با هدف پژوهش(تحلیل روایی محتوا)، پرسشنامه دلفی فازی تدوین شد. پایایی پرسشنامه با کسب آلفای کرونباخ بالای ۰,۷ به‌شرح جدول شماره ۶ تایید شد.

جدول ۶: پایایی پرسشنامه دلفی فازی

ابعاد	تعداد عوامل	آلفای کرونباخ
سیاستی	۶	۰,۷۶۲
علمی	۲	۰,۸۸۲
فناوری	۲	۰,۸۲۲
تولید- صنعت	۳	۰,۷۸۷
اجتماعی- فرهنگی	۲	۰,۷۰۶
بازار- ترجیحات کاربر	۷	۰,۷۷۸
کل	۲۲	۰,۸۰۳

پس از تایید پایایی پرسشنامه و توزیع و تحلیل آن، با درنظرگرفتن ارزش آستانه ۰,۷، عوامل با مقدار کمتر از ۰,۷ کنار گذاشته شدند. درواقع، از نظر خبرگان، این عوامل ارتباطی با توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در ایران نداشتند. این عوامل شامل C_{13}: ایجاد آمادگی و تمایل در تولیدکنندگان، C_{21}: ایجاد شبکه فروش و توزیع و C_{22}: تنوع مدل‌ها و اعتبار برند وسایل نقلیه برقی موجود بود. بنابراین در مجموع ۱۹ عامل نهایی و مرتبط با هدف پژوهش به‌شرح جدول شماره ۷ شناسایی شدند.

جدول ۷: نتایج غربالگری عوامل موثر (تحلیل روایی محتوا با تکنیک دلفی فازی)

عامل	میانگین فازی نظرات خبرگان			مقادیر فازی‌زدایی شده	نتیجه	کد جدید عوامل باقی‌مانده
C_1	۱	۰,۹۳۳	۰,۶۸۳	۰,۸۷۲	پذیرش	C_1
C_2	۰,۹۸۳	۰,۸۱۷	۰,۵۶۷	۰,۷۸۹	پذیرش	C_2
C_3	۰,۹۸۳	۰,۸۱۷	۰,۵۶۷	۰,۷۸۹	پذیرش	C_3
C_4	۰,۹۸۳	۰,۸۶۷	۰,۶۱۷	۰,۸۲۲	پذیرش	C_4
C_5	۰,۹۶۷	۰,۷۶۷	۰,۵۱۷	۰,۷۵	پذیرش	C_5
C_6	۰,۹۶۷	۰,۸۱۷	۰,۵۶۷	۰,۷۸۳	پذیرش	C_6
C_7	۱	۰,۸۳۳	۰,۵۸۳	۰,۸۰۶	پذیرش	C_7
C_8	۱	۰,۸۳۳	۰,۵۸۳	۰,۸۰۶	پذیرش	C_8
C_9	۰,۹۸۳	۰,۸۸۳	۰,۶۳۳	۰,۸۳۳	پذیرش	C_9
C_{10}	۰,۹۶۷	۰,۸۶۷	۰,۶۱۷	۰,۸۱۷	پذیرش	C_{10}
C_{11}	۱	۰,۹۱۷	۰,۶۶۷	۰,۸۶۱	پذیرش	C_{11}
C_{12}	۱	۰,۹	۰,۶۵	۰,۸۵۰	پذیرش	C_{12}
C_{13}	۰,۸۸۳	۰,۶۳۳	۰,۳۸۳	۰,۶۳۳	حذف	-
C_{14}	۰,۹۵	۰,۷۳۳	۰,۴۸۳	۰,۷۲۲	پذیرش	C_{13}
C_{15}	۱	۰,۸۶۷	۰,۶۱۷	۰,۸۲۸	پذیرش	C_{14}
C_{16}	۰,۹۸۳	۰,۸۵	۰,۶	۰,۸۱۱	پذیرش	C_{15}
C_{17}	۱	۰,۹۳۳	۰,۶۸۳	۰,۸۷۲	پذیرش	C_{16}
C_{18}	۱	۰,۸۳۳	۰,۵۸۳	۰,۸۰۶	پذیرش	C_{17}
C_{19}	۱	۰,۸۱۷	۰,۵۶۷	۰,۷۹۴	پذیرش	C_{18}
C_{20}	۱	۰,۹	۰,۶۵۰	۰,۸۵۰	پذیرش	C_{19}
C_{21}	۰,۹	۰,۶۶۷	۰,۴۱۷	۰,۶۶۱	حذف	-
C_{22}	۰,۸۸۳	۰,۶۵	۰,۴	۰,۶۴۴	حذف	-

۴-۲-۲- بررسی روابط میان عوامل(پرسشنامه دیمتل فازی)

جهت بررسی روابط میان ۱۹ عامل نهایی، از پرسشنامه دیمتل فازی استفاده شد. قبل از آغاز محاسبات، پایایی پرسشنامه بررسی شد. در اینجا کسب قابلیت اطمینان بالای ۹۵٪ موید پایایی ابزار است (جدول شماره ۸).

جدول ۸: پایایی پرسشنامه دیمتل

خبره	قابلیت اطمینان	خبره	قابلیت اطمینان
حذف خبره ۱	۹۷	حذف خبره ۲	۹۸,۱۱
حذف خبره ۳	۹۷,۹۵	حذف خبره ۴	۹۷,۵۸
حذف خبره ۵	۹۸,۲	حذف خبره ۶	۹۸,۳
حذف خبره ۷	۹۷,۴۱	حذف خبره ۸	۹۸,۱۸
حذف خبره ۹	۹۷,۸۹	حذف خبره ۱۰	۹۸,۳۳

خبره	قابلیت اطمینان	خبره	قابلیت اطمینان
حذف خبره ۱۱	۹۷،۲۴	حذف خبره ۱۲	۹۸،۰۹
حذف خبره ۱۳	۹۷،۴۶	حذف خبره ۱۴	۹۷،۶۹
حذف خبره ۱۵	۹۷،۸۸	میانگین	۹۷،۸۲

پس از تایید پایایی ابزار و تحلیل پرسشنامه، روابط میان عوامل از نظر میزان تاثیرگذاری بر هم(علت) و میزان تاثیر پذیری از یکدیگر(معلول) بررسی شد(جدول شماره ۹). براساس نتایج، مهم‌ترین عوامل به لحاظ تاثیرگذاری(علّت بودن) بر سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی کشور، سیاست‌ها و مشوق‌های حمایتی، تدوین نقشه ملی تحرک برقی، هماهنگی میان ذی‌نفعان، تنظیم‌گری، وجود تولیدکننده و تامین‌کننده داخلی، توجه به نیاز جامعه کاربری و ساختار بازار هستند و ۱۲ عامل دیگر نیز معلول و تحت تاثیر این عوامل‌اند.

جدول ۹: نتایج نهایی تکنیک دیمتل فازی

تاثیرگذاری بر سایر عوامل	میزان	تاثیر پذیری از سایر عوامل	میزان	شدت اثر عوامل	میزان	نوع رابطه میان عوامل	میزان	علت/ معلول
C_1	۱،۹۳۳	C_{12}	۱،۵۴۳	C_1	۳،۱۶	C_1	۰،۷۰۵	علت
C_3	۱،۶۵۵	C_{15}	۱،۴۹۷	C_{11}	۳،۰۵۶	C_3	۰،۶۰۳	علت
C_{11}	۱،۵۹۷	C_{10}	۱،۴۸۴	C_{19}	۲،۹۳۲	C_2	۰،۴۴۰	علت
C_2	۱،۵۷۲	C_{11}	۱،۴۵۹	C_{12}	۲،۸۷۹	C_6	۰،۳۸۴	علت
C_{19}	۱،۵۱۴	C_9	۱،۴۵	C_9	۲،۸۱۲	C_{11}	۰،۱۳۸	علت
C_6	۱،۴۷۱	C_{19}	۱،۴۱۸	C_3	۲،۷۰۸	C_{17}	۰،۱۱۷	علت
C_9	۱،۳۶۲	C_4	۱،۴۱۵	C_2	۲،۷۰۵	C_{19}	۰،۰۹۶	علت
C_{12}	۱،۳۳۶	C_7	۱،۳۸۳	C_7	۲،۶۹۷	C_{13}	۰،۰۶۹	علت
C_{17}	۱،۳۲۵	C_8	۱،۳۷۹	C_{10}	۲،۶۶۸	C_5	-۰،۰۳۵	معلول
C_7	۱،۳۱۴	C_{16}	۱،۳۶۷	C_8	۲،۶۵۴	C_7	-۰،۰۶۹	معلول
C_8	۱،۲۷۵	C_{18}	۱،۳۴۱	C_4	۲،۶۱۹	C_9	-۰،۰۸۸	معلول
C_{18}	۱،۲۳۹	C_5	۱،۲۴۴	C_{15}	۲،۵۸۴	C_{18}	-۰،۱۰۲	معلول
C_5	۱،۲۰۹	C_1	۱،۲۲۸	C_{18}	۲،۵۸	C_8	-۰،۱۰۴	معلول
C_{16}	۱،۲۰۸	C_{14}	۱،۲۱۹	C_{16}	۲،۵۷۵	C_{16}	-۰،۱۶	معلول
C_4	۱،۲۰۴	C_{17}	۱،۲۰۸	C_6	۲،۵۵۸	C_{12}	-۰،۲۰۶	معلول
C_{10}	۱،۱۸۴	C_2	۱،۱۳۲	C_{17}	۲،۵۳۳	C_4	-۰،۲۱۱	معلول
C_{15}	۱،۰۸۸	C_6	۱،۰۸۷	C_5	۲،۴۵۳	C_{10}	-۰،۳	معلول
C_{14}	۰،۳۴۹	C_3	۱،۰۵۲	C_{14}	۱،۵۶۸	C_{15}	-۰،۴۰۹	معلول
C_{13}	۰،۳۴۳	C_{13}	۰،۲۷۳	C_{13}	۰،۶۱۶	C_{14}	-۰،۸۷	معلول

۵-بحث و پیشنهادات

۵-۱- بحث درخصوص یافته‌ها

هدف اصلی پژوهش حاضر، شناسایی عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل براساس فناوری وسایل نقلیه برقی در کشور در چارچوب سیستم اجتماعی- فنی حمل‌ونقل و بررسی روابط میان این عوامل است. پس از درنظرگرفتن سیستم حمل‌ونقل به‌عنوان یک سیستم اجتماعی- فنی و تعیین ابعاد اصلی این سیستم در قالب عوامل سیاستی، علمی، فناورانه، تولید- صنعت، اجتماعی- فرهنگی و بازار (Geels, 2004; 2005)، با توجه به وجود موانع فنی و اجتماعی جهت توسعه چنین سیستمی(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵)، با مرور پیشینه و انجام مصاحبه با خبرگان اقدام به شناسایی عوامل(اجزای سیستم) موثر بر این گذار شد.

براساس نتایج، مهم‌ترین عوامل به‌لحاظ تاثیرگذاری (علّت بودن) بر سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی کشور، سیاست‌ها و مشوق‌های حمایتی، تدوین نقشه ملی تحرک برقی، هماهنگی میان ذی‌نفعان، تنظیم‌گری، وجود تولیدکننده و تامین‌کننده داخلی، توجه به نیاز جامعه کاربری و ساختار بازار است.

این امر مشابه حرکت اجتماعی- فنی سیستم حمل‌ونقل از اسب به اتومبیل است. به‌واسطه ظهور اتومبیل، توسعه زیرساخت‌های مرتبط نظیر ایجاد زیرساخت سوخت بنزین و شبکه جاده‌ای الزامی شد. ازاین‌رو، دولت‌ها مجبور به طراحی سیاست‌های مالی جدید شدند و بخشی از بودجه جهت ساخت

جاده و سرمایه‌گذاری در دیگر زیرساخت‌های مربوطه، جهت توسعه و پذیرش سیستم حمل‌ونقل جدید اختصاص داده شد. در کنار آن، مقررات راهنمایی و رانندگی جدید مانند محدودیت سرعت و گواهینامه رانندگی جهت ایجاد نظم و امنیت تدوین و تصویب شد. ضمن آنکه علاقه و ترجیحات کاربران به سرعت و هیجان این وسایل، پذیرش این گذار را تسهیل کرد (Geels, 2005).

براساس مرور تجربیات جهانی، کشورهایی نظیر آلمان با اعطای معافیت ثبت نام و مالیات جاده‌ها برای مصرف‌کننده و ارائه مشوق تحقیق و توسعه جهت توسعه شبکه شارژرها، چین با ارائه یارانه خرید خودروی برقی و دانمارک با ارائه یارانه تحقیق و توسعه با تمرکز بر روی شبکه هوشمند ایستگاه‌های شارژ اقدام به تعریف بسته‌های حمایتی جهت توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری خودروی برقی کرده‌اند(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵). در کشور ما نیز در زمینه توسعه خودروهای برقی، مشوق‌هایی در قوانین و مقررات لحاظ شده‌است. طبق ماده ۴ «قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور»، با اعطای یارانه تحقیق و توسعه معادل ۵۰٪ هزینه‌های تحقیقاتی، نحوه حمایت از تولیدکنندگان خودروهای برقی پیش‌بینی شده است. طی ماده ۸ «قانون هوای پاک» نیز تسهیلات با کارمزد ۴٪ با بازپرداخت ۱۰ ساله جهت جایگزین کردن خودروهای فرسوده با خودروهای برقی برای مصرف‌کنندگان پیش‌بینی شده است. اما این مقررات اثربخشی چندانی نداشته‌اند. یکی از دلایل مهم آن پیش‌بینی منابع مالی از محل صرفه‌جویی مصرف سوخت یا منابع حاصل از هزینه‌های انجام معاینه فنی و جریمه راهنمایی و رانندگی است. در این موارد سهم جداگانه‌ای برای توسعه خودروی برقی مشخص نشده و چون برای این منابع مالی مصارف دیگری نیز در قانون پیش‌بینی شده، اثربخشی آن کاهش پیدا کرده است(محمودی، شجاعی و شیخی، ۱۳۹۷).

اعطای مشوق‌های حمایتی به تولیدکننده در کشور ما ضرورتی دوچندان دارد؛ چراکه در حال حاضر بنابر ادعای خودروسازان داخلی، قیمت فروش خودروهای برقی به‌دلیل هزینه تمام شده بالای ناشی از باتری، حدود ۳ برابر قیمت یک خودروی بنزینی است. بنابراین آنها در صورتی حاضر به تولید خواهند شد که از بابت وجود مشتری تضمینی از سوی دولت ارائه شود و حتی در مواردی جهت جلب اعتماد جامعه، دولت خود مشتری اول این خودروها شود(شجاعی و عطائی، ۱۳۹۵).

در نقشه راه وسایل نقلیه برقی تدوین شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۰۹ نیز ارائه مشوق حمایتی جهت توسعه زیرساخت شارژ و توزیع مناسب برق، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه فناوری‌های اصلی نظیر باتری و بهبود آن، توجه به خواسته مصرف‌کنندگان در مورد ویژگی وسایل نقلیه برقی مانند قیمت و زمان شارژ، توسعه معیارها و استانداردهای مرتبط با وسایل نقلیه برقی از ویژگی‌های فنی گرفته تا استانداردهای ایمنی و ایجاد زنجیره تامین مناسب در مرکز توجه است. چشم‌انداز این نقشه راه دستیابی به پذیرش و استقرار گسترده وسایل نقلیه برقی تا سال ۲۰۵۰ و در صورت امکان پیش از سال مذکور، به‌منظور کاهش قابل توجه در انتشار گازهای گلخانه‌ای و استفاده از نفت است. در این راستا، آژانس بین‌المللی انرژی پیش‌بینی نموده است که اگر تا سال ۲۰۵۰ فروش وسایل نقلیه برقی سبک وزن بیش از ۵۰٪ فروش وسایل نقلیه سبک وزن در سراسر جهان را شامل شود، انتشار گاز دی‌اکسید کربن ناشی از وسایل نقلیه به ۳۰٪کمتر از سطح آن در سال ۲۰۰۵ خواهد رسید. ضمن آنکه این نقشه راه با مشارکت ذینفعان مختلف اعم از دولت‌ها، صنایع و سازمان‌های مرد نهاد تدوین شده است.

به‌طور مشابه، طبق گزارش چشم‌انداز جهانی وسایل نقلیه برقی تدوین شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۱۷ جذب بازار وسایل نقلیه برقی تا حد زیادی تحت تاثیر محیط سیاستی قرار دارد. محیط سیاستی حامی، با ایجاد وسایل نقلیه جذاب برای مصرف کنندگان، کاهش خطرات برای سرمایه‌گذاران و تشویق تولیدکنندگان جهت توسعه جریان‌های تجاری وسایل نقلیه برقی می‌تواند رشد بازار در این زمینه را فراهم سازد. نمونه آن، مجوز وسایل نقلیه بدون انتشار آلایندگی است. این مجوزها، الزامات قانونی برای خودروسازان جهت فروش وسایل نقلیه بدون انتشار آلایندگی یا با انتشار آلایندگی بسیار پایین را در سبد فروش خود به همراه دارند و با هدف ارتقاء فعالیت‌های تحقیق و توسعه و استقرار جهت بازاریابی این وسایل نقلیه تنظیم شده‌اند. این مجوز برای اولین بار در کالیفرنیا، پس از آن در چند ایالت ایالات متحده آمریکا و استان کبک کانادا اعمال شد و در حال حاضر در چین مورد توجه قرار گرفته است.

تجربه مهم دیگر اعطای مشوق مالی از سوی کشورهای عضو اتحادیه اروپا، برزیل، کانادا، چین و آفریقای جنوبی برای وسایل نقلیه برقی براساس اقتصاد سوخت و یا میزان انتشار دی اکسید کربن است. اگرچه تمام کشورها یارانه را جهت خرید وسایل نقلیه برقی اعمال نموده‌اند اما انگیزه‌های مالی در قالب کاهش حق بیمه خرید موثرتر هستند (IEA, 2017).

در زمینه مقررات‌گذاری افزایش مقررات ضدآلودگی و گرمایش جهانی، تولیدکنندگان جهانی را مجبور به سرمایه‌گذاری

سنگین برای مطابقت با این استانداردها کرده است. به‌عنوان نمونه در اروپا از ژانویه ۲۰۲۰ استانداردهایی با هدف محدود کردن فروش وسایل نقلیه آلاینده به اجرا درآمده است. در این راستا، در صورت انتشار بیش از حد مجاز دی‌اکسیدکربن از سوی ناوگان فروش، خودروسازانی که مقررات را رعایت ننموده‌اند، جریمه خواهند شد(صندوق ضمانت صادرات ایران، ۲۰۲۰). این در حالی است که در کشور ما تدوین استاندارد و ایجاد مراکز آزمایش مرجع تست تجهیزات از چالش‌های توسعه حمل‌ونقل برقی است (دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، بی تا).

۵-۲- محدودیت‌های پژوهش

تحقیق حاضر مانند دیگر پژوهش‌ها با محدودیت‌های خارج از کنترل محقق روبه‌رو بوده که بر روند انجام و یافته‌های آن تاثیر گذاشته است. یکی از این موارد وابستگی صنعت حمل‌ونقل کنونی کشور به سوخت‌های فسیلی و محدود بودن خبرگان به‌ویژه در حوزه تولید خودروهای برقی به‌دلیل عدم تجاری‌سازی و کاربرد این فناوری در کشور بوده است. در مواردی نیز تغییر سمت افراد مطلع و عدم امکان مصاحبه با آنان مانع کسب اطلاعات دقیق‌تر شده است. در مواردی نیز به‌علت نیاز به اخذ تاییدیه از سایر واحدهای سازمانی و مقاومت آنان، امکان مصاحبه با برخی افراد کلیدی میسر نبوده است.

۵-۳- پیشنهادات جهت توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در ایران

با توجه به قرارگرفتن مشوق‌های مالی و غیرمالی تحقیق و توسعه، خرید و تولید و لزوم تدوین مقررات مربوطه در زمره مهم‌ترین عوامل موثر بر توسعه سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر وسایل نقلیه برقی در ایران و با توجه به تجربیات مشابه کشورها، به‌نظر می‌رسد انجام اقداماتی به شرح زیر جهت حرکت از سیستم حمل‌ونقل متعارف به سیستم مبتنی بر وسایل نقلیه برقی مناسب باشد:

- ≠ اعطای مشوق‌های مالی تحقیق و توسعه در فناوری‌های اصلی خودروی برقی به‌ویژه باتری و اعطای مشوق به مراکز تحقیقاتی جهت دستیابی به توان فناورانه و تحریک نوآوری در قالب وام کم‌بهره و معافیت مالیاتی؛
- ≠ اعطای یارانه‌های تولید و معافیت‌های مالیاتی به تولیدکنندگان؛
- ≠ اعطای مشوق به شکل یارانه‌های خرید، پارکینگ رایگان، تعویض وسایل نقلیه فرسوده با برقی و معافیت‌های مالیاتی به خریدار؛
- ≠ تنظیم‌گری دولت در قالب فعالیت‌هایی نظیر قیمت‌گذاری مجدد وسایل نقلیه متعارف و تنظیم استاندارد وسایل نقلیه برقی؛
- ≠ مشارکت تمامی ذی‌نفعان و تشکیل کمیته فنی اجرایی مشترک با حضور وزارتخانه‌های صنعت و معدن و تجارت، نیرو، نفت، سازمان حفاظت محیط زیست، دفاع، کشور، شهرداری‌ها، ناجا، اداره استاندارد و سایر نهادهای ذیربط جهت تدوین راهبردها و برنامه‌های اجرایی.

فهرست منابع

احمدی، محمد، شهبازی، حمیدرضا، حسینی، فرهاد، موفق، شیما، به‌نیا، نسرین، فرح، محمد جواد(۱۳۹۴). **سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری زیرساخت خودروی برقی**، پژوهشگاه نیرو.

ارجمندی، روح الله، فتحی، محمدرضا، منطقی، منوچهر، شهبازی، میثم (۱۴۰۱). **"ارائه الگوی گذار فناورانه به نسل چهارم انقلاب صنعتی در صنعت خودرو"**، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۲۱ (۵۲)، ۹۶-۸۰.

اعرابی، محمد(۱۳۸۸). **مبانی فلسفه و استراتژی‌های تحقیق**، دانشکده مدیریت و حسابداری علامه طباطبائی، تهران.

الله مرادی، الهام، میرزا محمدی، سعید، بنیادی، علی، ملکی، علی (۱۳۹۹). **"عوامل موثر بر تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان برای خودروهای برقی در کشور"**، فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۶ (۱۸)، ۲۲۷-۱۹۵.

بازرگان هرندی، عباس (۱۳۸۷). **"روش تحقیق آمیخته؛ رویکردی برتر برای مطالعات مدیریت"**، فصلنامه دانش مدیریت، ۲۱(٤).

بازرگان هرندی، عباس، حجازی، الهه، سرمد، زهره (۱۳۸۵). **روش‌های تحقیق در علوم رفتاری**، انتشارات آگاه، تهران.

بایبوردی، اتابک، بحری ثالث، جمال، جبارزاده کنگرلویی، سعید، زواری رضایی، اکبر (۱۴۰۰). **"الگوریتم ترکیبی دلفی فازی و دیمتل فازی در طراحی و تبیین سرمایه ارتباطی بانک‌ها"**، دو فصلنامه علمی حسابداری دولتی، ۸(۲)، ۹۰-۸۱.

برنامه استراتژیک توسعه حمل‌ونقل برقی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق وانرژی (گروه نوآوری و توسعه فناوری)، https://pep.moe.gov.ir

پیره‌بابی، سامان، مسیبی، ابوالقاسم، زندی، مجید (۱۴۰۱). **"سناریوهای توسعه خودروی برقی در کشور ایران با روش پویایی سیستم"**، فصلنامه سیستم‌های انرژی پایدار، ۲(۱)، ۱۷-۱.

ثقفی، فاطمه، آزادگان مهر، ماندانا (۱۳۹۷). **"پیشرفت‌های نظری در تبیین گذارهای فناورانه، با تأکید بر نقش رویکرد سیستم‌های‌فنی – اجتماعی"**، فصلنامه سیاست‌نامه علم و فناوری، ۸(۲)، ۱۲۸-۱۱۳.

چشم‌انداز جهانی صنعت خودرو در سال ۲۰۲۰، صندوق ضمانت صادرات ایران، https://economic.mfa.ir/portal/newsview/621249

حبیبی، آرش، سرافرازی، اعظم، ایزدیار، صدیقه (۱۳۹۳). **تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی**، انتشارات کتیبه گیل، تهران.

دانایی فرد، حسن، آذر، عادل، الوانی، مهدی (۱۳۸۶). **روش‌شناسی پژوهش کیفی در مدیریت: رویکرد جامع**، انتشارات اشراقی، تهران.

شجاعی، سعید، عطائی، امید (۱۳۹۵). **بررسی تولید خودرو برقی در ایران**، دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن.

عباس‌پور، مجید، حاجی سید میرزای حسینی، علیرضا، طاهری، ترانه (۱۳۹۰). **"ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی نیروگاه‌های خورشیدی با توجه به قانون هدفمندسازی یارانه‌ها (مطالعه موردی نیروگاه خورشیدی واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی)"**، انسان و محیط زیست، ۹(۳)، ۱۶-۹.

فرتاش، کیارش، باوفا صفت، فاطمه، سعدآبادی، علی اصغر(۱۴۰۱). **"تحلیل چالش‌های توسعه بازار فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر در ایران با مدل‌سازی ساختاری- تفسیری"**، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، ۲۰(۴۷)، ۷۲-۵۵.

فقیهی، ابوالحسن، قلی‌پور، آرین، ابویی اردکان، محمد، قالیباف اصل، حسن، اسدی، اصغر (۱۳۹۰). **"اعتباریابی ابعاد و مولفه‌های فرهنگ ریسک: کاربرد دلفی فازی"**، پژوهش‌های مدیریت عمومی، ۱۱(۴۲)، ۳۱-۵.

محمد پور، احمد (۱۳۹۰). **"طرح‌های تحقیق با روش‌های ترکیبی: اصول پارادایمی و روش‌های فنی"**، مجله مطالعات اجتماعی ایران، ۴(۲)، ۱۰۷-۸۱.

محمودی، امیر، شجاعی، سعید، شیخی، ارس (۱۳۹۷). **دورنمای خودروهای برقی در جهان (درس‌هایی برای صنعت خودروسازی ایران)**، مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه صنعت).

Bakker, S., Trip, J. J. (2013). "*Policy options to support the adoption of electric vehicles in the urban environment*", Transportation Research Part D: Transport and Environment, 25, pp. 18-23.

Berkeley, N., Bailey, D., Jones, A., Jarvis, D. (2017). "*Assessing the transition towards Battery Electric Vehicles: A Multi-Level Perspective on drivers of, and barriers to, take up*", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 106, pp. 320-332.

Chang, B., Chang, C.-W., Wu, C.-H. (2011). "*Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria*", Expert Systems with Applications, 38(3), pp. 1850-1858.

Chas, C., Bryan, G. (1998). "*Utilizing the Delphi technique in policy discussion: A case study of a privatized utility in Britain*", Public Administration, 76(3), pp. 431-449.

Chiu, W.-Y., Tzeng, G.-H., Li, H.-L. (2010). "*Improving the e-store business model for satisfying customers' needs using a hybrid MCDM combined DANP with grey relational model. In Advances in intelligent decision technologies*", Proceedings of the second KES international symposium IDT 2010 (pp. 255-266). Springer

Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2002). *Research methods in education*. routledge.

Creswell, W., Creswell, D. (2005). "*Mixed methods research designs in counseling psychology*", Journal of Counseling Psychology.

DEE. (2021). *Achievements of the automotive industry in 2020*. Available at: https://www.donya-e-eqtesad.com/fa/tiny/news-3750304 (accessed 17 May 2022).

Dijk, M., Orsato, R. J., Kemp, R. (2013). "*The emergence of an electric mobility trajectory*", Energy Policy, 52, pp. 135-145.

Du, J., Ouyang, D. (2017). "*Progress of Chinese electric vehicles industrialization in 2015: A review*", Applied Energy, 188, pp. 529-546.

Egbue, O., S. Long. (2012). "*Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions*", Energy policy, 2012. 48, pp. 717-729.

Gagnon, L., Belanger, C., Uchiyama, Y. (2002). "*Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001*", Energy Policy, 30(14), pp. 1267-1278

Geels, F. W. (2002). "*Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study*", Research Policy, 31(8-9), pp. 1257-1274.

Geels, F. W. (2004). "*From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory*", Research Policy, 33(6-7), pp. 897-920.
Geels, F. W. (2005). *Technological transitions and system innovations: A co-evolutionary and socio-technical analysis*. Edward Elgar Publishing.
Gudarzi Farahani, Y., Varmazyari, B., Moshtaridoust, S. (2012). "*Energy consumption in Iran: Past trends and future directions*", Social and Behavioral Sciences, pp. 12-17.
Habibi, A., Firouzi, F., Sarafrazi, A. (2015). "*Fuzzy Delphi Technique for Forecasting and Screening Items*", Asian Journal of Research in Business Economics and Management , pp. 130-143.
He, X., Zhan, W. (2018). "*How to activate moral norm to adopt electric vehicles in China? An empirical study based on extended norm activation theory*", Journal of Cleaner Production, 172, pp. 3546-3556.
Heidrich, O., et al. (2017). "*How do cities support electric vehicles and what difference does it make?*", Technological Forecasting and Social Change, 123, pp. 17-23.
Hsu, Y. L., Lee, C. H., Kreng, V. B. (2010). "*The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection*", Expert systems with applications, 37(1), pp. 419-425.
IEA. (2009). *Technology Roadmap Electric and plug-in hybrid electric vehicles*. International Energy Agency.
IEA. (2017). *CO emissions from fuel combustion*. Internaional Energy Agency.
Javid, R. J., Nejat, A. (2017). "*A comprehensive model of regional electric vehicle adoption and penetration*", Transport Policy, 54, pp. 30-42.
Kanger, L., Schot, J. (2018). "*Deep Transitions: Theorizing the Long-Term Patterns of Socio- Technical Change*", Environmental Innovation and Societal Transitions.
Kemp, R., Schot, J., Hoogma, R. (1998). "*Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management*", Technology Analysis & Strategic Management, 10(2), pp. 175-198.
Lieven, T., Muhlmeier, S., Henkel, S., Waller, J. F. (2011). "*Who will buy electric cars? An empirical study in Germany*", Transport Research part D: Transport and Environment, pp. 236-243.
Lin, B., Wu, W. (2018). "*Why people want to buy electric vehicle: An empirical study in first-tier cities of China*", Energy Policy, 112, pp. 233-241.
Liu, H. C., You, X. Y., Xue, Y. X., Luan, X. (2017). "*Exploring critical factors influencing the diffusion of electric vehicles in China: A multi-stakeholder perspective*", Research in Transportation Economics, 66, pp. 46-58.
Markard, J., Raven, R., Truffer, B. (2012). "*Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects*", Research Policy, 41(6), pp. 955-967.
Matthews, L., et al. (2017). "*Do we have a car for you? Encouraging the uptake of electric vehicles at point of sale*", Energy Policy, 100, pp. 79-88
Mehmet Akif, D., Alper, A. (2017). "*Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality*", Renewable Energy, pp. 757-763.
Nilsson, M. (2011). *Electric vehicles: The phenomenon of range anxiety*, Report for the ELVIRE Project (FP7 PROJECT ID: ICT-2009.6.1).
Oryani, B., Koo, Y., Shafiee, A., Rezania, S., Jung, J., Choi, H., Khan, M. K. (2022). "*Heterogeneous preferences for EVs: Evidence from Iran*. Renewable Energy, 181, pp. 675–691.
She, Z.-Y., Sun, Q., Ma, J.-J., Xie, B.-C. (2017). "*What are the barriers to widespread adoption of battery electric vehicles? A survey of public perception in Tianjin, China*", Transport Policy 56, pp. 29-40.
Shafiezadeh, M. A., Tavanpour, M., Amini, F., Ghahramani, N., Saberfattahi, L., Soleimanpour, P. (2019). *Iran and World Energy Facts and Figures, 2019*. Tehran: Deputy for Power & Energy Affairs.
Sovacool, B. K., Hirsh, R. F. (2009). "*Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition*", Energy Policy, 37(3), pp. 1095-1103.
Wang, N., Pan, H., Zheng, W. (2017). "*Assessment of the incentives on electric vehicle promotion in China*", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 101, pp. 177-189.
Zhang, X., Liang, Y., Yu, E., Rao, R., Xie, J. (2017). "*Review of electric vehicle policies in china: content summary and effect analysis*", Renewable and Sustainable Energy Reviews 70, pp. 698-714.

Refrence (In Persian)

Abbaspoor, M., Haji Seyed Mirzaei Hosseini, A., Taheri, T. (2011). "*Technical, economic, and environmental evaluation of solar power plants under the Subsidy Targeting Law (Case Study: Solar Power Plant of the Science and Research Branch, Islamic Azad University).*"Man and Environment, 9(3), pp. 9-16.
Ahmadi, M., Shahbazi, H. R., Hosseini, F., Movafagh, S., Behnia, N., Farah, M. J. (2015). *Strategic document and roadmap for developing electric vehicle infrastructure technology.* Niroo Research Institute.
Arjmandi, R., Fathi, M. R., Manteghi, M., Shahbazi, M. (2022). "*Presenting a technological transition model toward the fourth industrial revolution in the automotive industry*", Journal of Industrial Technology Development, 21(52), 80-96.
Arabi, M. (2009). *Basics of philosophy and research strategies*. Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran.

Allahmoradi, E., Mirzamohammadi, S., Bonyadi, A., Maleki, A. (2020). "*Factors influencing consumers' willingness to pay for electric vehicles in the country*." Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research, 6(18), pp. 195-227.

Bazargan Harandi, A. (2008). "*Mixed research method: A superior approach for management studies*", Management Knowledge Quarterly, 21(4).

Bazargan Harandi, A., Hejazi, E., Sarmad, Z. (2006). *Research methods in behavioral sciences*. Agah Publications, Tehran.

Baybordi, A., Bahri Talas, J., Jabarzadeh Kangarloei, S., Zowari Rezaei, A. (2021). "*A combined fuzzy Delphi and fuzzy DEMATEL algorithm for designing and defining banks' relational capital*", Governmental Accounting Scientific Biannual Journal, 8(2), pp. 81-90.

Fartash, K., Bavafasefat, F., & Saadabadi, A. A. (2022). *"Analysis of challenges in developing the renewable energy technology market in Iran using structural-interpretive modeling"*, Journal of Industrial Technology Development, 20(47), pp. 55-72.

Faghihi, A., Gholipour, A., Abouee Ardakan, M., Ghalibaf Asl, H., Asadi, A. (2011). *"Validating the dimensions and components of risk culture: Application of fuzzy Delphi."*, Public Management Research, 11(42), pp. 5-31.

Danaeefard, H., Azar, A., Alvani, M. (2007). *Qualitative research methodology in management: A comprehensive approach*. Eshraghi Publications, Tehran.

Global Automotive Industry Outlook for 2020. Export Guarantee Fund of Iran. Retrieved from https://economic.mfa.ir.

Habibi, A., Sarafrazi, A., Izadiar, S. (2014). *Fuzzy multi-criteria decision-making*. Katibeh Gil Publications, Tehran.

Mahmoudi, A., Shojaei, S., Sheikhi, A. (2018). *Global electric vehicle outlook (Lessons for Iran's automotive industry)*. Energy, Industry, and Mining Studies Group.

Mohammadpour, A. (2011). *"Research designs with mixed methods: Paradigmatic principles and technical methods."* Iranian Journal of Social Studies, 4(2), pp. 81-107.

Pirebabi, S., Mosayebi, A., Zandi, M. (2022). "*Scenarios for the development of electric vehicles in Iran using the system dynamics method*." Sustainable Energy Systems Quarterly, 2(1), pp. 1-17.

Saghafi, F., Azadeganmehr, M. (2018). *"Theoretical advancements in explaining technological transitions, focusing on the role of socio-technical systems."* Science and Technology Policy Quarterly, 8(2), pp. 113-128.

Shojaei, S., Atai, O. (2016). *Examining the production of electric vehicles in Iran.* Office of Energy, Industry, and Mining Studies.

Strategic Plan for Electric Transportation Development. Bureau of Strategic Planning for Energy and Electricity (Innovation and Technology Development Group). Retrieved from https://pep.moe.gov.ir.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی