

Foresighting macro trends in the automotive industry: Analyzing technological, social, and economic transformations and their impacts on the regional future of the automotive sector using the Fuzzy Screening Method

Safar Fazli ¹ and Saeed Rezaei ²

1- Professor, Department of Futures Studies, Faculty of Social Sciences, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

2- Ph.D. in Futures Studies, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Received:

2025/02/20

Accepted:

2025/06/10

pp:

111- 131

Keywords:

Foresight, Macro-Trend, Automotive Industry, Technological, Social and Economic Developments, Fuzzy Screening.

ABSTRACT

The automotive industry is undergoing significant transformations due to rapid technological, social, economic, and environmental changes, along with their regional implications. Accordingly, this study aims to identify, prioritize, and analyze the key macro trends affecting the future of the automotive industry over a ten-year horizon across different geographical contexts. This applied research follows a descriptive approach and was conducted qualitatively using the Fuzzy screening method, which serves as a descriptive-survey analytical tool to address complexities and uncertainties in decision-making processes. The statistical population consisted of 17 experts in the fields of the automotive industry and foresight studies. Their opinions served as the primary data for analysis. Data were analyzed using optimistic and pessimistic fuzzy matrices, and the combined results were used to rank the macro trends impacting the automotive sector. Through library and documentary research, as well as semi-structured interviews, six major trends were identified and prioritized based on five criteria extracted from relevant literature and documents. The results indicate that transformation in transportation technologies holds the highest priority among the identified trends due to its direct impact on reducing environmental pollution, enhancing energy efficiency, and advancing intelligent transportation systems. Social and cultural changes, along with advancements in manufacturing technologies and materials, ranked second, as they are shaping new demands for clean and innovative products in various regions. Innovation in business models ranked third, reflecting the importance of evolving service structures and value chains, particularly in diverse geographical settings. Finally, economic and commercial developments, as well as safety and security considerations, were ranked fourth and fifth, respectively. These findings offer a clear picture of the prioritization of influential macro trends shaping the future of the automotive industry at the regional level and can serve as a foundation for developing localized strategies by policymakers and industry stakeholders.



Citation: Fazli, S., & Rezaei, S. (2025). Foresighting macro trends in the automotive industry: Analyzing technological, social, and economic transformations and their impacts on the regional future of the automotive sector using the Fuzzy Screening Method. *Journal of Geography and Regional Future Studies*, 3(2), 111-131.



© Authors retain the copyright and full publishing rights. **Publisher:** Urmia University.

DOI: <https://doi.org/10.30466/grfs.2025.55998.1088>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1404.3.2.7.7>

¹ **Corresponding author:** Saeed Rezaei, **Email:** srezaeik63@gmail.com, **Tell:** +989128878218

Extended Abstract

Introduction

The automotive industry, as one of the main pillars of the global economy, plays a key role in economic growth, technological progress, and social transformations. Relying on scientific and innovative capacities, this industry has become one of the foundations of modern life, and its impact on the daily lives of societies is undeniable. In recent decades, the acceleration of progress in transportation technologies, changing consumption patterns, and changing social needs have doubled the necessity of foresight in this field. The emergence of trends such as electric vehicles, autonomous systems, and the expansion of intelligent transportation infrastructure have caused fundamental changes in the structure, performance, and value chain of the automotive industry. These technological developments, in interaction with social factors such as changing lifestyles, increasing trends in sustainable transportation, and rising consumer expectations, have set the future of this industry on a new path. Despite these extensive developments, the automotive industry still faces numerous challenges, the accurate identification and analysis of which is essential for making strategic decisions. One of the main themes is to examine the impact of global megatrends on the future of the industry. The evolution of transportation technologies, including electric and hybrid vehicles, requires large investments and a review of the supply chain structure. Also, social changes, such as the increasing tendency to use shared transportation services instead of individual car ownership, have challenged traditional business models and raised the need to reinvent them. On the other hand, economic and trade developments, such as changes in global trade patterns, fluctuations in raw material prices and supply chain constraints, have direct impacts on the sustainability and competitiveness of the automotive industry. In such circumstances, a forward-looking and systematic analysis of these trends can chart the path for the sustainable and flexible development of the automotive industry in the coming decades.

Methodology

The present study is an applied-developmental research with a mixed-methods approach (qualitative-quantitative) that aims to identify and prioritize the macro trends governing the automotive industry. The statistical population of this research consists of 17 experts from the automotive industry, selected through purposive sampling. Data collection is conducted using two methods: a literature review and semi-structured interviews with experts. In the literature review section, scientific sources and existing documents in the field of the automotive industry are examined, while in the qualitative section, interviews are conducted to gather experts' perspectives on the industry's megatrends. The collected data is analyzed using Fuzzy analysis through the Fuzzy screening method to prioritize the trends based on their impact and significance. The research sample consists of 17 experts, selected for their expertise and experience in the automotive industry.

Results and discussion

Analysis of Key Macro Trends Impacting the Automotive Industry: A Regional and Geographical Perspective

The analysis of major macro trends influencing the automotive industry over the next decade plays a crucial role in shaping its future direction. This research, conducted using the Fuzzy screening method and expert opinions, identifies and prioritizes key trends. What distinguishes this analysis is its emphasis on interpreting global trends within the context of geographical, climatic, and socio-economic conditions of different regions—especially developing countries and areas poised for industrial transformation.

1. Transformation in Transportation Technologies (Top Rank):

This trend, encompassing the development of electric vehicles, autonomous cars, smart transportation systems, and advanced communication technologies, is particularly impactful in densely populated urban areas with high levels of pollution (e.g., megacities in Asia and the Middle East). These regions, facing environmental crises and inefficient infrastructures, require urgent modernization of

their transportation systems. These technologies not only reduce energy consumption and air pollution but also enhance traffic management and safety. However, high costs and the need for advanced infrastructure remain major obstacles, especially in less-developed regions.

2. Socio-Cultural Changes (Tied Second Rank):

In areas with youthful populations and high urbanization rates, shifts in values and attitudes toward car ownership, as well as growing environmental awareness, have increased demand for electric and shared mobility solutions. In developing countries—often experiencing rapid yet uneven economic growth—this trend necessitates targeted governmental policies and cultural awareness programs. Moreover, the degree to which governments support green technologies and environmental regulations can vary significantly based on regional economic capacities and public pressure.

3. Advancements in Manufacturing and Materials (Tied Second Rank):

The use of lightweight and durable materials and the adoption of technologies like 3D printing offer great potential in regions with limited access to global supply chains (e.g., landlocked countries or those with infrastructure deficits). However, this trend requires significant investment in technical knowledge and local workforce development to promote domestic manufacturing and reduce dependence on imports.

4. Innovation in Business Models (Third Rank):

In large cities with high population density and limited parking, business models such as car-sharing, long-term rentals, and mobility-as-a-service are gaining popularity. In contrast, rural or low-density areas with underdeveloped public transport systems require adaptation of these models to local needs and policy support. Strengthening partnerships between tech firms and local actors can facilitate the implementation of these new models.

5. Economic and Trade Developments (Fourth Rank):

Volatility in raw material prices, reliance on global supply chains, and fluctuating trade policies impact different regions in diverse ways. For instance, oil-rich countries may be more sensitive to energy price shifts, while

material-importing nations face production cost pressures. Emerging markets in Asia, Africa, and the Middle East offer investment opportunities due to rising automotive demand—especially if their industrial and logistical infrastructure is improved.

6. Safety and Security (Fifth Rank):

Enhancing road safety and developing accident-prevention technologies are top priorities in regions with high traffic fatality rates (e.g., parts of South Asia or Africa). However, deploying these technologies in areas with weak infrastructure requires localized solutions, simplified technology, and technical capacity building among the workforce.

Overall, the analysis of automotive macro trends reveals that transformation in transportation technologies holds the highest priority due to its broad impact and global demand. However, future success depends on adopting a region-specific approach—one that aligns automakers' strategies for technological development, business model innovation, and responses to economic, social, and environmental challenges with the unique geographical and cultural characteristics of each region. Only through such alignment can the automotive industry achieve sustainable, equitable, and inclusive development.

Conclusion

This research, by identifying and prioritizing influential macro trends, provides a practical tool for policymakers, industrial managers, and investors to develop appropriate strategies for adapting to future transformations with a better understanding of emerging trends. Emphasizing the transformation of transportation technologies and adaptation to social and economic changes can ensure the survival and advancement of the automotive industry in the coming decades. The findings of this study indicate that the key macro trends shaping the future of the automotive industry over the next decade include the transformation of transportation technologies, social and cultural changes, advancements in manufacturing and materials, innovation in business models, economic and trade developments, and safety and security. These macro trends, through their

complex interactions, will reshape the structure and performance of this industry in the future.

The final ranking, based on Fuzzy analysis and expert opinions, highlights the critical importance of the transformation in transportation technologies. Due to its central role in driving technological innovations, reducing environmental pollution, and altering urban mobility patterns, this macro trend secured the top position. Although the other trends ranked lower, they play complementary and synergistic roles.

The analysis of the findings revealed that each of these macro trends presents both opportunities and challenges for the automotive industry. For instance, the transformation of transportation technologies requires substantial investments and modifications to existing infrastructure. Social and cultural changes

impose new demands on the market, pushing companies toward producing vehicles aligned with environmental values. Additionally, innovation in business models and advancements in manufacturing and materials could lead to structural changes in supply chains and production processes.

Declarations

Funding: There is no funding support.

Authors' Contribution: The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest: The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments: We are grateful to all the scientific consultants of this paper.



آینده‌نگاری کلان روندهای حاکم بر صنعت خودرو: تحلیل تحولات فناوریانه، اجتماعی و اقتصادی و تأثیرات آن‌ها بر تحولات منطقه‌ای آینده صنعت خودرو به روش غربال‌گری فازی

صفر فضلی^۱ و سعید رضایی^۲

۱- استاد گروه آینده‌پژوهی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۲- دانش‌آموخته دکتری آینده‌پژوهی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	تحولات صنعت خودرو به واسطه تغییرات سریع فناوریانه، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، و تأثیرات منطقه‌ای آن‌ها، نیازمند بررسی دقیق کلان‌روندهای تأثیرگذار بر این صنعت در مناطق مختلف است؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف شناسایی، اولویت‌بندی و تحلیل کلان‌روندهای اصلی تأثیرگذار بر آینده صنعت خودرو در افق ده‌ساله و در بسترهای جغرافیایی مختلف انجام گردید. این پژوهش از نوع کاربردی با رویکرد توصیفی است که به صورت کیفی با استفاده از روش غربال‌گری فازی به عنوان یک روش تحلیلی توصیفی-پیمایشی به منظور تحلیل پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت‌ها در فرایند تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گرفت. جامعه آماری این پژوهش ۱۷ صاحب‌نظر در حوزه‌های صنعت خودرو و آینده‌پژوهی بود که نظرات آن‌ها به عنوان داده‌های اصلی برای تحلیل به کار گرفته شد. داده‌ها با استفاده از ماتریس‌های فازی خوش‌بینانه و بدبینانه و ترکیب آن‌ها تحلیل و در نهایت، کلان‌روندهای تأثیرگذار بر صنعت خودرو رتبه‌بندی شد. با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی و همچنین مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، شش کلان‌رشد شناسایی شد که بر حسب پنج معیار مستخرج از اسناد و مدارک مربوطه، اولویت‌بندی شدند. نتایج پژوهش نشان داد که تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل با تأثیر مستقیم بر کاهش آلودگی زیست‌محیطی، بهبود بهره‌وری انرژی و توسعه حمل‌ونقل هوشمند، دارای بالاترین اولویت در میان کلان‌روندهای تأثیرگذار بر آینده صنعت خودرو است. تغییرات اجتماعی و فرهنگی به همراه پیشرفت در فناوری‌های تولید و مواد در رتبه دوم قرار گرفتند، چراکه این روندها در مناطق مختلف موجب شکل‌گیری تقاضاهای نو برای محصولات پاک و نوآورانه می‌شوند. نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار نیز در جایگاه سوم قرار گرفت و نشان‌دهنده اهمیت تحول در ساختارهای خدماتی و زنجیره ارزش به ویژه در بسترهای جغرافیایی متنوع است. در نهایت، تحولات اقتصادی و تجاری و ملاحظات امنیتی و ایمنی به ترتیب در رتبه‌های چهارم و پنجم قرار گرفتند. این یافته‌ها تصویری روشن از اولویت‌بندی کلان‌روندهای اثرگذار بر آینده صنعت خودرو در مقیاس منطقه‌ای ارائه می‌دهند و می‌توانند مبنایی برای تدوین راهبردهای متناسب با شرایط بومی توسط سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران صنعت خودرو باشند.
دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۲	
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰	
صص: ۱۱۱-۱۳۱	
واژگان کلیدی: آینده‌نگاری، کلان‌رشد، صنعت خودرو، تحولات فناوریانه، اجتماعی و اقتصادی، غربال‌گری فازی.	

استناد: فضلی، صفر؛ و رضایی، سعید. (۱۴۰۴). آینده‌نگاری کلان روندهای حاکم بر صنعت خودرو: تحلیل تحولات فناوریانه، اجتماعی و اقتصادی و تأثیرات آن‌ها بر تحولات منطقه‌ای آینده صنعت خودرو به روش غربال‌گری فازی. فصلنامه جغرافیا و آینده‌پژوهی منطقه‌ای، ۳(۲)، ۱۱۱-۱۳۱.

ناشر: دانشگاه ارومیه.

نویسندگان حق چاپ و حقوق کامل نشر را حفظ می‌کنند.



DOI: <https://doi.org/10.30466/grfs.2025.55998.1088>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1404.3.2.7.7>



مقدمه

صنعت خودرو به‌عنوان یکی از صنایع بنیادین و راهبردی در اقتصاد جهانی، نقشی چندبعدی در فرآیند توسعه‌یافتگی کشورها ایفا می‌کند. این صنعت نه تنها یکی از بزرگ‌ترین حوزه‌های تولید و اشتغال را در سطح ملی و بین‌المللی به خود اختصاص داده، بلکه با صنایع کلیدی دیگری نظیر فولاد، پتروشیمی، الکترونیک، فناوری اطلاعات، انرژی، و حمل‌ونقل در هم‌تنیدگی عمیقی دارد. از این رو، دگرگونی‌های ساختاری در صنعت خودرو، تأثیر زنجیره‌ای و دامنه‌داری بر دیگر بخش‌های اقتصاد و فناوری می‌گذارد و در سطح منطقه‌ای، می‌تواند موجب تقویت یا تضعیف مزیت‌های رقابتی کشورها شود (Patra & Rao, 2017; Susilo, 2019).

با ورود فناوری‌های نوین، به‌ویژه در زمینه‌های خودروهای برقی، خودران، اینترنت اشیاء، و زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند، صنعت خودرو در حال عبور از یک پارادایم سنتی به‌سوی مدلی فناوریانه و داده‌محور است. این تحول فناوریانه با فشارهای محیط‌زیستی، انتظارات مصرف‌کنندگان برای پایداری، و نیاز به تطابق با سیاست‌های تغییر اقلیم هم‌زمان شده است. همچنین، روندهای اجتماعی مانند تغییر در سبک زندگی شهری، گسترش حمل‌ونقل اشتراکی، افزایش هزینه مالکیت فردی، و کاهش علاقه نسل‌های جدید به مالکیت خودرو، ساختار عرضه و تقاضا را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده‌اند. (Susilo, 2019)

نکته مهم و کمتر موردتوجه، نقش جغرافیا و رویکرد منطقه‌گرایانه در تحلیل آینده صنعت خودرو است. صنعت خودرو در بسیاری از کشورها به‌ویژه در مناطق نوظهور، به‌صورت کانون‌های تولیدی و اقتصادی منطقه‌ای عمل می‌کند که شبکه‌ای از شرکت‌های تأمین‌کننده، خدمات پس از فروش، تعمیر و نگهداری، و حتی آموزش و پژوهش در اطراف خود شکل داده‌اند. این پیوند منطقه‌ای، موجب شکل‌گیری خوشه‌های صنعتی شده که در توسعه فضایی، اشتغال محلی و کاهش نابرابری‌های جغرافیایی نقش محوری دارند. در ایران نیز مناطق صنعتی خودروساز مانند تهران، البرز، قزوین، خراسان، مرکزی و فارس دارای وزن قابل‌توجهی در ساختار اقتصادی منطقه‌ای هستند. از این رو، تغییر در روندهای جهانی یا اختلال در زنجیره تأمین جهانی می‌تواند پیامدهای عمیقی برای تعادل‌های منطقه‌ای و سیاست‌های توسعه سرزمینی به‌همراه داشته باشد. از سوی دیگر، تحولات اقتصادی و تجاری ناشی از نوسانات بازارهای جهانی، تغییر در الگوهای سرمایه‌گذاری بین‌المللی، سیاست‌های تعرفه‌ای و تحریم‌ها، این صنعت را با ریسک‌های پیچیده‌ای مواجه ساخته است. در چنین بستری، استفاده از رویکرد آینده‌پژوهی به‌منظور شناسایی و تحلیل کلان‌روندهای تأثیرگذار می‌تواند ابزاری برای افزایش تاب‌آوری و چابکی در برابر آینده‌های ناپایدار باشد. آینده‌نگاری این امکان را فراهم می‌کند تا در کنار شناسایی روندهای فناوریانه، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، به تحلیل تعاملات میان این روندها در سطوح مختلف محلی، ملی و جهانی نیز پرداخت شود.

مسئله اصلی پژوهش حاضر آن است که چه کلان‌روندهایی در افق زمانی ده‌ساله آینده، بیشترین تأثیر را بر صنعت خودرو خواهند داشت و چگونه می‌توان آن‌ها را از منظر اهمیت و اولویت، تحلیل و طبقه‌بندی کرد؟ در پاسخ به این پرسش، هدف اصلی پژوهش، شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی کلان‌روندهای مؤثر بر آینده صنعت خودرو با تمرکز ویژه بر ابعاد منطقه‌ای و جغرافیایی این صنعت در بستر ملی است.

ضرورت انجام این پژوهش از چند جنبه قابل توجه است: نخست، صنعت خودرو در ایران به‌عنوان یکی از صنایع پیشران در تولید ناخالص داخلی، اشتغال و نوآوری فناوریانه، نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه ملی ایفا می‌کند. دوم، درک روندهای آینده‌ساز می‌تواند به تدوین راهبردهای مؤثرتر برای ارتقاء بهره‌وری، رقابت‌پذیری و پایداری این صنعت در سطح ملی و منطقه‌ای منجر شود. سوم، تحلیل کلان‌روندها و تعاملات آن‌ها، ابزار مهمی برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان منطقه‌ای به‌منظور تطبیق‌پذیری با تغییرات جهانی و بهره‌گیری از فرصت‌های نوظهور است. در نهایت، این پژوهش تلاش دارد با بهره‌گیری از رویکردهای آینده‌نگارانه و روش‌های علمی اولویت‌بندی، بستری برای تصمیم‌گیری هوشمندانه در صنعت خودرو فراهم آورد.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

در بخش ادبیات نظری پژوهش ابتدا مفاهیم و واژگان اصلی پژوهش تعریف می‌شود و سپس به بحث اصلی موضوع که ادبیات نظری پژوهش است می‌پردازیم، در ادامه و در پایان همین بخش هم پیشینه‌های مرتبط با پژوهش ارائه می‌شود.

تعریف مفاهیم و واژگان

آینده‌نگاری: آینده‌نگاری به فرآیند شناسایی، تحلیل و پیش‌بینی تحولات احتمالی در آینده می‌پردازد تا از این طریق به سازمان‌ها و جوامع کمک کند تصمیمات آگاهانه‌ای در حال حاضر اتخاذ کنند. این روش بر مبنای ارزیابی روندهای موجود، بررسی احتمال وقوع سناریوهای

مختلف و شبیه‌سازی سناریوهای ممکن برای آینده استوار است. آینده‌نگاری به‌عنوان یک ابزار استراتژیک به‌ویژه در سطح ملی و صنعتی برای پیش‌بینی تحولات کلیدی در زمینه‌های مختلف مانند فناوری، اقتصاد، سیاست و جامعه استفاده می‌شود. هدف اصلی آن هدایت تصمیمات امروز در راستای آماده‌سازی برای چالش‌ها و فرصت‌های فرداست. آینده‌نگاری فراتر از پیش‌بینی ساده است و از تکنیک‌هایی مانند تحلیل روند، تحلیل سناریو، و مشاوره با کارشناسان استفاده می‌کند. این فرآیند می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا گزینه‌های استراتژیک بهتری داشته باشند و از ریسک‌های آینده جلوگیری کنند (Nascimento et al, 2021).

کلان روند: کلان روند به تغییرات عمده و درازمدتی اشاره دارد که بر بخش‌های وسیعی از جامعه، اقتصاد، و فرهنگ تأثیر می‌گذارد. این روندها به‌طور معمول در طی دهه‌ها یا حتی قرن‌ها شکل می‌گیرند و به تغییرات ساختاری در سطح جهانی منجر می‌شوند. کلان روندها معمولاً به‌شدت قابل پیش‌بینی و درک هستند و تأثیرات آن‌ها در تمامی ابعاد زندگی انسانی احساس می‌شود. برخی از مهم‌ترین کلان روندهای امروزی شامل تغییرات اقلیمی، جهانی‌سازی، دیجیتال‌سازی، تغییرات جمعیتی (افزایش جمعیت سالمندان در بسیاری از کشورهای جهان) و انتقال به انرژی‌های تجدیدپذیر است. این روندها به‌طور مستقیم بر رفتارهای اجتماعی، اقتصادی، و فرهنگی تأثیر می‌گذارند و در آینده نزدیک ممکن است منجر به تحولات جدید در صنایع مختلف شوند (D'Cruz et al, 2022).

صنعت خودرو: صنعت خودرو مجموعه‌ای از فرآیندهای پیچیده طراحی، تولید، بازاریابی، توزیع، و فروش انواع خودروها و قطعات وابسته را در برمی‌گیرد و به‌عنوان یکی از صنایع زیربنایی و راهبردی، نقش کلیدی در شکل‌دهی به ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و فناورانه ایفا می‌کند. با این حال، آنچه در تحلیل این صنعت از اهمیت ویژه برخوردار است، جغرافیای تولید و استقرار فضایی آن در سطوح منطقه‌ای و ملی است. صنعت خودرو معمولاً در قالب خوشه‌های صنعتی و شبکه‌های منطقه‌ای تأمین و توزیع عمل می‌کند که در آن، مجموعه‌ای از خودروسازان، قطعه‌سازان، شرکت‌های خدماتی، مراکز آموزشی و تحقیقاتی و نهادهای پشتیبان، در یک پهنه جغرافیایی معین هم‌زیستی و تعامل دارند. این پراکندگی جغرافیایی نه‌تنها در تخصیص منابع، اشتغال‌زایی، و انتقال فناوری تأثیرگذار است، بلکه نقش مستقیمی در توسعه متوازن منطقه‌ای، کاهش نابرابری‌های فضایی، و ارتقای تاب‌آوری اقتصادی مناطق مختلف دارد. از این منظر، صنعت خودرو یک پدیده صرفاً صنعتی نیست، بلکه یک نظام پیچیده منطقه‌گراست که ساختار فضایی آن بر سیاست‌گذاری‌های اقتصادی و سرزمینی تأثیر متقابل دارد. در دهه‌های اخیر، تحولات فناورانه مانند ظهور خودروهای برقی و خودران، سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل، و اینترنت اشیاء، نه‌تنها منجر به دگرگونی در شیوه تولید و مصرف خودرو شده‌اند، بلکه منجر به تغییر در الگوهای فضایی تولید و زنجیره تأمین جهانی و منطقه‌ای نیز شده‌اند. در این زمینه، مناطقی که ظرفیت تطبیق با فناوری‌های نو را دارند، به کانون‌های نوآوری و رقابت‌پذیری بدل می‌شوند و سایر مناطق ممکن است با خطر افول صنعتی مواجه شوند. این تحولات بیانگر آن است که تحلیل صنعت خودرو بدون توجه به جایگاه جغرافیایی و بسترهای منطقه‌ای آن، تحلیلی ناقص و سطحی خواهد بود. (Chen et al, 2024: 121).

تحلیل تحولات فناورانه، اجتماعی و اقتصادی: تحلیل تحولات فناورانه، اجتماعی و اقتصادی به معنای بررسی سیستماتیک و هدفمند روندهای بلندمدت و تأثیرگذار در این سه حوزه کلیدی است که می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در آینده صنایع، جوامع و مناطق ایفا کند. این نوع تحلیل، ابزاری راهبردی برای درک پیچیدگی‌های محیط در حال تغییر و شناسایی فرصت‌ها و تهدیدهای بالقوه به‌شمار می‌رود، به‌ویژه زمانی که این تحولات در بستر جغرافیایی مشخص یا در سطح منطقه‌ای مورد مطالعه قرار گیرند. تحولات فناورانه شامل پیشرفت‌های سریع در حوزه‌هایی همچون دیجیتال‌سازی، هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، اتوماسیون پیشرفته، نانو و زیست‌فناوری است. این تحولات، نه‌تنها ساختارهای صنعتی را متحول می‌سازند، بلکه موجب جابه‌جایی مراکزهای تولید و نوآوری در جغرافیاهای مختلف نیز می‌شوند و پویایی فضایی رقابت صنعتی را بازتعریف می‌کنند. مناطق و کشورهایایی که توان جذب، توسعه و بومی‌سازی این فناوری‌ها را دارند، در مسیر رشد و رقابت‌پذیری قرار می‌گیرند و در مقابل، مناطق فاقد ظرفیت ممکن است با رکود و عقب‌ماندگی مواجه شوند. تحولات اجتماعی نیز با تغییر در ساختار جمعیتی، الگوهای مصرف، سبک زندگی، و نظام‌های ارزشی جوامع همراه است. عواملی مانند پیر شدن جمعیت، افزایش شهرنشینی، رشد فرهنگ دیجیتال، و گسترش دغدغه‌های زیست‌محیطی، همگی موجب تغییر در نیازها و انتظارات جامعه نسبت به کالاها و خدمات می‌شوند. از منظر جغرافیایی، این تحولات به‌صورت ناهمگون در مناطق مختلف بروز می‌یابند و سیاست‌گذاران را وادار می‌سازند تا راهبردهایی متناسب

¹ Megatrend

² Automotive Industry

³ Analysis of Technological, Social, and Economic Transformations

با ویژگی‌های فرهنگی، اقتصادی و محیطی هر منطقه تدوین کنند. تحولات اقتصادی نیز که شامل نوسانات در رشد اقتصادی، نرخ اشتغال، قیمت انرژی و مواد اولیه، تغییرات در سیاست‌های پولی و مالی، و ساختارهای تجاری جهانی است، اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های صنعتی و منطقه‌ای دارند. تحلیل این تحولات، به‌ویژه در سطح مناطق جغرافیایی، می‌تواند به شناسایی مزیت‌های رقابتی محلی، آسیب‌پذیری‌های اقتصادی، و فرصت‌های سرمایه‌گذاری هدفمند کمک کند. در مجموع، تحلیل جامع و یکپارچه تحولات فناوریانه، اجتماعی و اقتصادی، به‌ویژه با لحاظ کردن ویژگی‌های فضایی، جغرافیایی و منطقه‌ای، بستری مناسب برای برنامه‌ریزی آینده‌نگرانه، توسعه پایدار منطقه‌ای، و افزایش تاب‌آوری در برابر چالش‌های جهانی فراهم می‌سازد. (Achmad, 2021).

کلان روندهای حاکم بر صنعت خودرو

تحولات فناوریانه در صنعت خودرو

صنعت خودرو همواره یکی از پویاترین و تحول‌پذیرترین حوزه‌های صنعتی در سطح جهانی بوده است. در دهه‌های اخیر، پیشرفت‌های فناوریانه شتاب گرفته، به‌ویژه در زمینه‌های خودروهای برقی، سامانه‌های خودروان و هوشمندسازی، به محرک‌های اصلی تحول در این صنعت بدل شده‌اند؛ اما آنچه در تحلیل این تحولات اهمیت روزافزون یافته، نحوه بروز و تأثیر این فناوری‌ها در بسترهای جغرافیایی و منطقه‌ای مختلف است. ظرفیت جذب فناوری، زیرساخت‌های حمل‌ونقل، سیاست‌های دولتی، فرهنگ مصرف و موقعیت‌های اقلیمی، همگی بر میزان و نوع اثرگذاری این تحولات در هر منطقه نقش تعیین‌کننده دارند.

خودروهای برقی و تحولات در باتری‌ها

در دهه‌های اخیر، با افزایش نگرانی‌ها نسبت به پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و تشدید بحران‌های اقلیمی، بسیاری از کشورها و مناطق جهان به‌سوی توسعه و ترویج خودروهای برقی روی آورده‌اند. خودروهای برقی که به جای سوخت‌های فسیلی از انرژی الکتریکی بهره می‌برند، نقش مهمی در کاهش آلاینده‌های هوا، کاهش اثرات گلخانه‌ای و کاهش وابستگی به منابع انرژی تجدیدناپذیر ایفا می‌کنند. با این حال، توسعه و کاربرد این فناوری در سطوح مختلف جغرافیایی، تابعی از ظرفیت‌های زیرساختی، منابع انرژی و سیاست‌گذاری‌های منطقه‌ای است. تحولات سریع در فناوری باتری‌ها، به‌ویژه باتری‌های لیتیوم-یونی، به‌عنوان موتور پیشران این تغییرات عمل می‌کنند. این باتری‌ها با توان ذخیره‌سازی انرژی بالا، چگالی انرژی مناسب و عمر نسبی بالا، استاندارد غالب در خودروهای برقی هستند. با این حال، چالش‌هایی مانند هزینه بالای تولید، زمان‌بر بودن فرآیند شارژ، و محدودیت‌های زیست‌محیطی در استخراج و بازیافت مواد اولیه، همچنان مانع توسعه فراگیر این فناوری در برخی مناطق شده است. در سطح جهانی، مناطق توسعه‌یافته مانند اروپای شمالی، شرق آسیا و بخش‌هایی از آمریکای شمالی به دلیل وجود زیرساخت‌های شارژ گسترده، سیاست‌های حمایتی دولت‌ها، و آگاهی بالای زیست‌محیطی، پیشگامان استفاده از خودروهای برقی محسوب می‌شوند. در مقابل، مناطق درحال توسعه یا با زیرساخت‌های انرژی ضعیف‌تر، مانند بخش‌هایی از خاورمیانه، آفریقا یا آسیای مرکزی، با چالش‌های جدی‌تری در زمینه اجرای سیاست‌های برقی‌سازی ناوگان حمل‌ونقل مواجه‌اند. رقابت جهانی برای توسعه نسل‌های جدید باتری، مانند باتری‌های حالت جامد، باتری‌های بر پایه سولفور یا فلزات سبک، در حال شدت گرفتن است و آینده صنعت خودرو را به‌شدت تحت تأثیر قرار خواهد داد. در این رقابت، کشورهایی که دارای منابع معدنی حیاتی (مانند لیتیوم، کبالت و نیکل) هستند یا توان سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین را دارند، از مزیت‌های استراتژیک بیشتری برخوردار خواهند بود (Parkhomenko et al, 2024).

خودروهای خودران^۱

یکی از تحولات بنیادین و آینده‌ساز در صنعت خودرو، ظهور و توسعه فناوری خودروهای خودران است. این خودروها با تکیه بر مجموعه‌ای از فناوری‌های پیشرفته مانند سنسورها، دوربین‌ها، رادارها، سیستم‌های موقعیت‌یابی جهانی (GPS) و الگوریتم‌های هوش مصنوعی، قابلیت حرکت بدون دخالت مستقیم انسان را دارند. پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه‌هایی مانند یادگیری ماشین، پردازش تصویر، نقشه‌برداری دیجیتال و سیستم‌های کنترل خودکار، امکان عملکرد ایمن‌تر و دقیق‌تر این خودروها را در محیط‌های مختلف فراهم کرده است. با این حال، پذیرش و توسعه خودروهای خودران به‌شدت تحت تأثیر ویژگی‌های جغرافیایی، وضعیت زیرساختی، و سیاست‌گذاری‌های منطقه‌ای است. به‌عنوان مثال، در شهرهای پیشرفته‌ای مانند سان‌فرانسیسکو، توکیو و استکهلم، به دلیل زیرساخت‌های هوشمند، دسترسی گسترده به داده‌های دیجیتال، و سیاست‌های حمایتی دولت‌ها، خودروهای خودران به‌طور آزمایشی یا محدود وارد سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی شده‌اند. در مقابل، در مناطق کم‌توسعه‌تر یا دارای زیرساخت‌های فنی ضعیف‌تر، مانند بسیاری از شهرهای آفریقایی، بخش‌هایی از جنوب آسیا یا حتی برخی مناطق روستایی

¹ Autonomous Vehicles

در کشورهای پیشرفته، چالش‌هایی نظیر عدم وجود نقشه‌های دقیق دیجیتال، ضعف در پوشش اینترنت پرسرعت، و فقدان چارچوب‌های حقوقی مناسب، مانع از اجرای عملی این فناوری شده است. خودروهای خودران، به‌ویژه در مناطق شهری پرتراکم، می‌توانند منجر به کاهش تصادفات، بهینه‌سازی مصرف انرژی، و کاهش آلودگی صوتی و زیست‌محیطی شوند. از سوی دیگر، این فناوری می‌تواند موجب تحول در طراحی فضاهای شهری، کاهش نیاز به پارکینگ‌های بزرگ، و بازتعریف شیوه‌های رفت‌وآمد بین شهری و درون‌شهری گردد؛ بنابراین، بررسی تطبیقی توسعه خودروهای خودران در مناطق مختلف جهان نشان می‌دهد که موفقیت این فناوری نه تنها به پیشرفت فنی، بلکه به میزان آمادگی جغرافیایی، فرهنگی و اقتصادی مناطق مختلف نیز وابسته است (Ignatious & Khan, 2022).

هوشمندسازی خودروها و اتصال اینترنتی

در سال‌های اخیر، خودروها با بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند و اتصال به شبکه‌های اینترنتی، به عناصر فعالی در سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند تبدیل شده‌اند. این فناوری‌ها که امکان ارتباط خودرو با خودرو، زیرساخت‌های شهری و سایر سامانه‌های محیطی را فراهم می‌کنند، موجب ارتقای ایمنی، کاهش تصادفات، بهینه‌سازی مصرف سوخت و تسهیل تجربه رانندگی شده‌اند. با این حال، سطح بهره‌مندی از این فناوری‌ها به شدت تابع تفاوت‌های جغرافیایی و منطقه‌ای است؛ به‌طوری‌که کلان‌شهرهایی با زیرساخت‌های دیجیتال پیشرفته و پوشش 5G، امکان استفاده گسترده‌تری از خودروهای متصل دارند، درحالی‌که در مناطق روستایی یا با توپوگرافی پیچیده، چالش‌هایی چون اختلال در سیگنال و ضعف در زیرساخت ارتباطی وجود دارد. افزون بر این، ویژگی‌های اقلیمی، تراکم جمعیتی، و سیاست‌های منطقه‌ای در توسعه زیرساخت‌های دیجیتال، تأثیر مستقیمی بر پیاده‌سازی موفق این فناوری‌ها دارد. اتصال اینترنتی خودروها همچنین زمینه جمع‌آوری داده‌های ارزشمند از وضعیت خودرو، ترافیک و محیط را فراهم می‌سازد که می‌تواند نقش کلیدی در مدیریت هوشمند حمل‌ونقل در مقیاس‌های محلی، شهری و ملی ایفا کند (Masias et al, 2021).

تحولات اجتماعی و فرهنگی در صنعت خودرو

تحولات اجتماعی و فرهنگی به‌طور مستقیم بر تقاضا، طراحی، تولید، و استفاده از خودروها تأثیر می‌گذارند. تغییرات در الگوهای مصرف، نگرش‌ها به مسائل زیست‌محیطی و تحولات فرهنگی در جوامع مختلف می‌توانند موجب تحولاتی در این صنعت شوند.

تغییرات نیازهای مصرف‌کنندگان

در سال‌های اخیر، تغییرات قابل‌توجهی در الگوهای مصرف مشاهده شده است. نسل‌های جدید به‌ویژه جوانان، که بیشتر به مسائل محیط‌زیستی توجه دارند، تمایل بیشتری به استفاده از خودروهای پاک و به‌صرفه نشان می‌دهند. علاوه بر این، تغییرات در سبک زندگی و نیازهای روزمره مانند نیاز به راحتی، سرعت، و فناوری‌های جدید نیز بر این تغییرات اثرگذار است. این تحولات اجتماعی به تولیدکنندگان خودرو این امکان را می‌دهد که خودروهایی را طراحی کنند که نیازهای مصرف‌کنندگان مدرن را برآورده کند. از جمله این نیازها می‌توان به خودروهای کوچک‌تر، کارآمدتر، و با قابلیت‌های اتصال بیشتر اشاره کرد. در این راستا، خودروهایی با موتورهای برقی، سیستم‌های سرگرمی پیشرفته، و طراحی‌های زیبا و فشرده‌تر در حال تولید هستند (Yu et al, 2022).

توسعه حمل‌ونقل اشتراکی

یکی دیگر از تحولات اجتماعی مهم در صنعت خودرو، افزایش تمایل به استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل اشتراکی است. با گسترش شهرنشینی و مشکلات ترافیکی در شهرهای بزرگ، افراد تمایل دارند از خدمات حمل‌ونقل عمومی یا اشتراکی استفاده کنند تا هزینه‌های خود را کاهش دهند و از ترافیک و آلودگی هوا جلوگیری کنند. برندهایی مانند Uber و Lyft نمونه‌هایی از این تحولات هستند. این خدمات حمل‌ونقل اشتراکی نه تنها به کاهش نیاز به خودروهای شخصی کمک می‌کنند، بلکه موجب کاهش مصرف سوخت و آلودگی هوا نیز می‌شوند. در آینده، ممکن است این مدل‌ها گسترش یابند و حتی به حمل‌ونقل خودران نیز وارد شوند (Jalolova et al, 2022).

نگرش‌های زیست‌محیطی و حساسیت‌های اجتماعی

افزایش نگرانی‌های جهانی نسبت به تغییرات اقلیمی، بحران‌های زیست‌محیطی و کیفیت هوا، منجر به تغییر در سیاست‌گذاری‌های ملی و منطقه‌ای در حوزه حمل‌ونقل شده است. بسیاری از کشورها، به‌ویژه کشورهای صنعتی و شهرهای بزرگ با مشکلات آلودگی هوا، اقدام به تصویب و اجرای مقررات سخت‌گیرانه‌تری در زمینه مصرف سوخت، آلودگی و استانداردهای زیست‌محیطی خودروها کرده‌اند. این تحولات نه تنها تولیدکنندگان خودرو را به سمت نوآوری و توسعه محصولات پاک‌تر سوق داده، بلکه سبب شکل‌گیری الگوهای جدید مصرف در جوامع

مختلف شده است. در کشورهای توسعه‌یافته و مناطق شهری با زیرساخت‌های محیط‌زیستی فعال، گرایش به خرید خودروهای الکتریکی و کم‌مصرف رو به افزایش است، درحالی‌که در برخی مناطق درحال توسعه با محدودیت‌های اقتصادی و زیرساختی، این روند با چالش‌هایی مواجه است؛ بنابراین، پویایی بازار خودرو به شدت از شرایط اقلیمی، ظرفیت سیاست‌گذاری زیست‌محیطی و توانمندی زیرساختی هر منطقه تأثیر می‌پذیرد (Rotaris et al, 2021).

تحولات اقتصادی و تأثیرات آن‌ها بر صنعت خودرو

تحولات اقتصادی، همچون تغییرات در سطح درآمد، وضعیت بازارهای جهانی، و تغییرات در قیمت سوخت، می‌توانند تأثیرات عمیقی بر صنعت خودرو داشته باشند. این تحولات نه تنها بر تقاضا برای خودرو تأثیر می‌گذارند، بلکه سیاست‌ها و استراتژی‌های تولیدکنندگان را نیز تغییر می‌دهند.

افزایش هزینه‌های انرژی و قیمت سوخت

افزایش بهای سوخت‌های فسیلی و نگرانی از کاهش منابع آن‌ها، موجب شده است که خودروهای برقی و کم‌مصرف به‌عنوان گزینه‌هایی راهبردی برای مقابله با بحران انرژی و کاهش هزینه‌های سوخت، به‌ویژه در مناطق وابسته به واردات انرژی یا دارای سیاست‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه، با استقبال فزاینده‌ای مواجه شوند. این تغییرات نه تنها روند تولید جهانی خودرو را متحول کرده، بلکه موجب شکل‌گیری بازارهای جدید در مناطقی با زیرساخت مناسب برای شارژ و تولید انرژی تجدیدپذیر شده است. در کشورهای صنعتی یا مناطق شهری با قیمت بالای سوخت و تمایل به فناوری‌های پاک، خودروهای برقی به‌عنوان راهکاری اقتصادی و زیست‌محیطی موردتوجه قرار گرفته‌اند، درحالی‌که در برخی مناطق روستایی یا کشورهای درحال توسعه، همچنان موانعی مانند ضعف زیرساخت‌های شارژ، هزینه اولیه بالا و محدودیت در تأمین انرژی پایدار وجود دارد. از این‌رو، توسعه بازار خودروهای برقی در مقیاس جهانی، وابسته به تفاوت‌های منطقه‌ای در سیاست‌گذاری انرژی، سطح توسعه اقتصادی و ظرفیت زیرساختی خواهد بود (Aznam & Irwanto, 2021).

اقتصادهای نوظهور و تقاضای جهانی

در کشورهای درحال توسعه و اقتصادهای نوظهور مانند چین و هند، تقاضای بالا برای خودروها به‌ویژه برای مدل‌های ارزان‌تر و اقتصادی‌تر مشاهده می‌شود. این کشورها که به سرعت در حال صنعتی شدن هستند، به خودروهای مقرون‌به‌صرفه نیاز دارند که به‌طور مؤثر به مشکلات حمل‌ونقل داخلی پاسخ دهند. این روند باعث شده است که بسیاری از تولیدکنندگان خودروی جهانی به بازارهای این کشورها توجه ویژه‌ای داشته باشند و به تولید خودروهایی با قیمت مناسب و درعین‌حال دارای کیفیت بالا و قابلیت‌های نوین بپردازند (Chien et al, 2021).

اقتصاد سبز و سیاست‌های حمایتی دولت‌ها

اقتصادهای سبز به‌طور فزاینده‌ای در حال تبدیل شدن به یک ضرورت جهانی هستند. در این راستا، دولت‌ها برای کاهش آلاینده‌ها و پیشرفت در زمینه حمل‌ونقل پاک، سیاست‌هایی همچون اعطای سوبسید به خودروهای برقی، کاهش مالیات بر خرید این خودروها و وضع محدودیت‌های شدیدتر برای خودروهای بنزینی و دیزلی را تصویب کرده‌اند. این تحولات اقتصادی موجب رشد تقاضا برای خودروهای پاک و افزایش فشار بر خودروسازان برای تحقیق و توسعه فناوری‌هایی است که به‌طور مؤثرتر می‌توانند آلودگی را کاهش دهند و به مصرف سوخت کمتر کمک کنند (Haas, 2020).

تأثیرات تحولات فناورانه، اجتماعی و اقتصادی بر آینده صنعت خودرو

ترکیب این تحولات فناورانه، اجتماعی و اقتصادی به‌طور شگرفی آینده صنعت خودرو را شکل خواهد داد. بر اساس تحلیل‌های کلان روند، صنعت خودرو در آینده‌ای نزدیک شاهد تغییرات چشمگیری در الگوهای مصرف، تولید و استفاده خواهد بود. این تغییرات نه تنها تحت تأثیر پیشرفت‌های فناوری‌های نوین خواهند بود، بلکه باید در چارچوب شرایط اجتماعی و اقتصادی موجود تحلیل شوند. صنعت خودرو با ایجاد همگرایی میان فناوری‌های نوین، نیازهای جدید مصرف‌کنندگان و قوانین حمایتی زیست‌محیطی، خود را برای تحولات آتی آماده خواهد کرد (Chen, 2022).

پیشینه پژوهش

بررسی پیشینه مطالعاتی در حوزه آینده‌نگاری صنعت خودرو حاکی از آن است که این حوزه، به‌واسطه شتاب روزافزون تحولات فناورانه، دگرگونی‌های اجتماعی و فرهنگی، و پیامدهای اقتصادی گسترده، به یکی از کانون‌های اصلی پژوهش‌های آینده‌پژوهانه در دهه‌های اخیر بدل شده است. با این حال، مرور نظام‌مند منابع نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه‌ای جامع که به‌صورت هم‌زمان و یکپارچه به تحلیل کلان‌روندهای فناورانه، اجتماعی و اقتصادی و تأثیرات متقابل آن‌ها بر آینده صنعت خودرو بپردازد، انجام نگرفته است. با وجود این خلأ، پژوهش‌های متعددی

به‌طور متمرکز به بررسی برخی ابعاد موضوع پرداخته‌اند. به‌عنوان نمونه، برخی مطالعات به تحلیل نقش فناوری‌های نوظهور نظیر خودروهای برقی و خودران در تحقق توسعه پایدار پرداخته‌اند؛ گروهی دیگر، تأثیر تغییر در الگوهای مصرف و رفتارهای اجتماعی ناشی از نوآوری‌های حمل‌ونقل را موردتوجه قرار داده‌اند؛ و در بعد اقتصادی نیز، تحقیقات متعددی بر تأثیر مدل‌های نوین کسب‌وکار و ساختارهای رقابتی بر آینده صنعت خودرو متمرکز بوده‌اند. از این‌رو، در راستای تقویت بنیان نظری این پژوهش، در ادامه نمونه‌هایی از مطالعات پیشین و یافته‌های آن‌ها در قالب جدول (۱) ارائه می‌شود تا جایگاه نوآورانه و ضرورت رویکرد جامع این تحقیق بهتر تبیین گردد.

جدول ۱- نمونه پیشینه‌های مرتبط با پژوهش

محقق/محققین (سال)	عنوان پژوهش	روش تحقیق	یافته‌ها و نتیجه‌گیری
عامری شهرابی و سلیمانی (۱۴۰۳)	چرخش‌های تحول‌آفرین فناوری در صنعت خودرو: الزامات ورود و نقش‌آفرینی ایران در زنجیره ارزش بین‌المللی خودروهای برقی	روندپژوهی مبتنی بر تحلیل و برون‌یابی روندهای مربوطه	در این گزارش سعی شده به بررسی ابعاد مختلف کلان روند برقی سازی حمل‌ونقل در مقیاس جهانی از جنبه فناوری، سیاست‌ها و استراتژی‌های کلیدی کشورهای مختلف در این حوزه پرداخته و در نهایت بر اساس مطالعات بین‌المللی و بررسی شرایط منحصربه‌فرد ایران، الزامات و ملاحظات چندوجهی و چندلایه اقتصادی - اجتماعی - سیاسی آن در شش دسته «الزامات طراحی راهبرد کلان»، «الزامات اجتماعی - اقتصادی»، «الزامات روابط بین‌الملل و توسعه زنجیره تأمین»، «الزامات حوزه زیرساخت، انرژی و محیط‌زیست»، «الزامات حوزه حمل‌ونقل» و «الزامات توسعه صنعتی» ارائه شود.
امین افشار و همکاران (۱۴۰۳)	بررسی تأثیر آینده‌نگاری راهبردی در عملکرد زنجیره تأمین با تأکید بر نقش میانجی انعطاف‌پذیری راهبردی مورد مطالعه: صنعت خودرو ایران	پژوهش از نوع کاربردی با رویکرد آمیخته	این تحقیق نشان داد که انعطاف‌پذیری استراتژیک و ایجاد ارزش مشترک تأثیرات مثبت و معناداری بر عملکرد زنجیره تأمین دارند. از میان شاخص‌های آینده‌نگاری استراتژیک، تنها سازمان‌دهی رسمی اثر منفی بر انعطاف‌پذیری استراتژیک دارد، درحالی‌که سایر شاخص‌ها تأثیرات مثبتی نشان می‌دهند. علاوه بر این، انعطاف‌پذیری استراتژیک بر ایجاد ارزش مشترک نیز تأثیرات مثبت و معناداری دارد. نتایج این تحقیق می‌تواند به اعضای زنجیره تأمین کمک کند تا درک بهتری از تأثیر آینده‌نگاری استراتژیک بر عملکرد زنجیره تأمین به دست آورده و تصمیم‌گیری‌های بهتری برای آینده اتخاذ کنند.
موسوی دشتکی و همکاران (۱۴۰۰)	خودروهای خودران آینده صنعت خودروسازی جهان	رویکرد کیفی و توصیفی - تحلیلی خبره محور	پژوهشگران در این پژوهش معتقدند که پیشرفت فناوری خودروهای خودران با تکیه بر هوش مصنوعی با سرعتی چشمگیر در حال وقوع است، حتی سریع‌تر از آنچه بسیاری از افراد راحت‌طلب انتظار دارند. در حال حاضر، برخی کاربران به‌ویژه رانندگان خسته یا خواب‌آلود خودروهای تسلا علاقه‌مند به واگذاری کنترل خودرو به سامانه‌های رایانه‌ای هستند. اگرچه در مقطع فعلی، تنها شمار محدودی از افراد هم تمایل و هم توانایی استفاده از این فناوری را دارند، اما روند کاهش هزینه‌ها و گسترش دسترسی به این تکنولوژی نشان می‌دهد که در آینده‌ای نه‌چندان دور، پذیرش خودروهای مجهز به هوش مصنوعی به امری رایج تبدیل خواهد شد و ترس یا تردید نسبت به استفاده از آن‌ها از میان خواهد رفت.
شبروانی ناغانی و همکاران (۱۳۹۸)	راهبردپردازی در صنعت خودرو ایران با رویکرد آینده‌نگاری راهبردی و تمرکز بر حوزه علم، فناوری و نوآوری	روش پژوهش توصیفی تحلیلی با رویکرد کیفی	این پژوهش با رویکرد آینده‌نگاری راهبردی، به ارائه گزینه‌های راهبردی برای سیاست‌گذاری در صنعت خودرو ایران می‌پردازد. در گام نخست، با استفاده از روش کتابخانه‌ای، پنج نوع گزینه راهبردی یکپارچه شناسایی شد. سپس از طریق تکنیک دلفی و شاخص دامنه بین چارکی، ۹ تصویر محتمل با اولویت بالا از آینده صنعت خودرو تا افق ۱۴۱۰ استخراج گردید. این تصاویر بر اساس میزان تأثیر و احتمال وقوع رتبه‌بندی شده‌اند. در نهایت، با تطبیق این تصاویر با گزینه‌های راهبردی، توصیه‌هایی مشخص برای بهبود سیاست‌گذاری در صنعت خودرو ارائه شده است. نوآوری اصلی تحقیق در ارائه الگوی سیاست‌گذاری مبتنی بر آینده‌نگاری راهبردی است که می‌تواند به ارتقاء تصمیم‌گیری کلان در این صنعت کمک کند.
پاپا دیمیترو و دایسینگ (۲۰۲۲)	حرکت آینده: مروری بر روندهای اصلی در بخش خودرو در افق ۲۰۳۰ در منطقه بزرگ	تحلیل روند و رویکرد اکتشافی	در این پژوهش محقق با بررسی روندهای حاکم بر صنعت خودرو در افق ۲۰۳۰ در حوزه کشورهای اتحادیه اروپا به بررسی چالش‌های این حوزه پرداخته و روندهای حاکم بر صنعت خودرو را با توجه به گونه‌های مختلف این صنعت در بخش سواری و کامیون در بخش‌های مختلف حمل‌ونقل بررسی نموده است. در این سند ضمن بررسی و تحلیل دقیق این روندها، پیشران‌های اثرگذار بر این صنعت نیز بررسی شده است.

محقق/محققین (سال)	عنوان پژوهش	روش تحقیق	یافته‌ها و نتیجه‌گیری
سوسیلو ^۱ (۲۰۱۷)	تجزیه و تحلیل محیطی کلان صنعت خودرو در اندونزی	رویکرد اکتشافی - تحلیلی خبره محور	در این مقاله، از تحلیل PEST برای شناسایی محیط سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فناوری صنعت خودروسازی فعلی اندونزی و از تحلیل ۵ نیروی مایکل پورتر برای سنجش جذابیت صنعت استفاده شد. مشخص شد که پتانسیل رشد تولید وجود دارد زیرا دولت با ترویج سیاست الزامات محتوای محلی برای همه OEM ها (تولیدکنندگان تجهیزات اصلی) مداخله کرد تا در سال ۲۰۱۹ به‌طور کامل اجرا شوند.
ستی وان ^۲ (۲۰۲۱)	تحلیل کمی بخش خودرو در نقشه راه خودروی اندونزی برای دستیابی به اهداف ملی کاهش انتشار نفت و CO2 تا سال ۲۰۳۰	رویکرد کمی و بررسی روندهای حاکم بر صنعت خودرو تا سال ۲۰۳۰	یافته‌های محققین نشان داد که کاربرد وسایل نقلیه شخصی در مدل حمل و نقل اندونزی منجر به تقاضای انرژی عظیمی از نفت و اثرات خارجی مرتبط با حمل و نقل تا سال ۲۰۱۸ شده است. در این سال دولت اندونزی با ارائه یک نقشه راه برای افزایش پایداری صنعت خودرو، مبتنی بر سیاست‌های انرژی و کاهش گازهای گلخانه‌ای ترسیم می‌نماید که نشان می‌دهد سوخت‌های جایگزین تا حدود ۳۰ درصد آلودگی‌ها و هزینه‌ها را نسبت به سوخت‌های فسیلی کاهش می‌دهد. از این رو سیاست بازتنسنگی وسایل نقلیه مورد ارزیابی قرار گرفت یافته‌ها نشان می‌دهد که نقشه راه باید بازسازی شود تا شامل یک دستور خاص نسبت ترکیب سوخت زیستی و اهداف جدید مصرف سوخت خودرو باشد. علاوه بر این، یک جدول زمانی پیاده‌سازی گام‌به‌گام باید ایجاد شود تا بتواند یک دوره گذار کافی را ایجاد کند که طی آن بخش صنعت بتواند تعدیل کند.
دزینس و مک‌کالب ^۳ (۲۰۲۴)	انتقال دیجیتال و سبز و پیکربندی مجدد صنعت خودرو: شواهدی از ژاپن و چین	رویکرد آمیخته با بررسی محتوایی سناریو ممکن در این حوزه	یافته‌های پژوهش نشان داد که تحولات دیجیتال و سبز شدن در حوزه صنعت خودرو، باعث پیکربندی مجدد صنعت خودرو شده است. بررسی عواملی که باعث این امر می‌شوند، اولین هدف این مقاله است. این امر با بررسی صنعت خودروسازی در شرق آسیا از سه منظر مختلف نشان می‌دهد که هر یک بینش‌هایی را در مورد پیامدهای این پیکربندی مجدد برای استان‌ها، صنایع و شرکت‌های درگیر ارائه می‌دهد. پس از بررسی بحث در مورد نقش نهادها و عوامل مؤثر بر پیکربندی مجدد زنجیره ارزش جهانی، یک تحلیل توصیفی از روند در صنایع خودروهای انرژی جدید ژاپن و چین و پویایی مرتبط با زنجیره ارزش سنتی خودرو انجام شده است. تجزیه و تحلیل عمیق توپوتا و هوندا نشان می‌دهد که چگونه مشارکت با فناوری اطلاعات و ارتباطات چینی و شرکت‌های مربوطه به سبز شدن و در نتیجه پیکربندی مجدد صنعت آن‌ها کمک می‌کند.
مونتنس تولربو ^۴ (۲۰۲۴)	برقی‌سازی وسایل نقلیه و آینده صنعت خودرو در اروپا	تحلیل SWOT	هدف این رساله بررسی و تجزیه و تحلیل عوامل تعیین‌کننده در تغییر مسیر خودرو به سمت برقی شدن در اروپا با در نظر گرفتن پارادایم و تحول جدید بازار و عوامل درگیر است. بخش اول به ارائه مقدمه‌ای بر موضوع می‌پردازد و به سؤالات کلیدی و محدودیت‌های تحقیق می‌پردازد. ثانیاً، یک مرور ادبیات جامع، نظریه‌ها، ابزارهای تحلیل استراتژیک و روش‌شناسی اجرا شده در مطالعه را ارائه می‌کند. نکته سوم با استفاده از مجموعه متنوعی از ابزارهای مدیریت استراتژیک و توضیح دخالت ژئوپلیتیکی در صنعت، به‌طور گسترده تحلیل اقتصاد خرد و کلان اقتصادی موضوع را به‌طور گسترده و ارائه می‌دهد. در ادامه، فهرستی از چالش‌ها و ریسک‌های مرتبط با فرآیند و همچنین مفاهیم و فرصت‌های جدیدی که در این زمینه افزایش می‌یابند، به نمایش گذاشته شده و مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، دو مطالعه موردی مقایسه‌ای موفقیت و شکست در برق انداختن در معرض تضاد قرار می‌گیرند و تفاوت‌ها را در نتایج شناسایی می‌کنند. در پایان، نتایج حاصل از تحقیق و مطالعه در بخش چهارم به نمایش گذاشته شده است.

در پرتو مطالعات پیشین، مشخص می‌شود که صنعت خودرو در آستانه تحولی چندبعدی قرار دارد که از تعامل پیچیده روندهای فناورانه، اجتماعی و اقتصادی ناشی می‌شود. کشورهایی که به‌طور فعال از ابزارهای آینده‌نگاری بهره برده‌اند، توانسته‌اند سیاست‌ها و نقشه راه‌هایی هم‌راستا با این تحولات طراحی کنند و جایگاه رقابتی خود را در زنجیره ارزش جهانی ارتقا دهند. این مسئله ضرورت تحلیل کلان‌روندهای حاکم بر صنعت خودرو را به‌ویژه برای کشورهایی مانند ایران دوچندان می‌کند؛ جایی که ورود هوشمندانه به عرصه خودروهای برقی، دیجیتال‌سازی صنعت، و تغییرات در رفتار مصرف‌کننده می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در تحولات منطقه‌ای این صنعت داشته باشد. با توجه به این ضرورت، پژوهش حاضر با عنوان «آینده‌نگاری کلان روندهای حاکم بر صنعت خودرو: تحلیل تحولات فناورانه، اجتماعی و اقتصادی و ...»

¹ Socilo² Setiawan³ Dzienis & Mccaleb⁴ Montes Torralbo

تأثیرات آن‌ها بر تحولات منطقه‌ای آینده صنعت خودرو به روش غربال‌گری فازی^۱ در پی آن است تا با نگاهی جامع و آینده‌نگر، روندهای کلیدی مؤثر بر آینده این صنعت را شناسایی، اولویت‌بندی و تحلیل کند. بهره‌گیری از روش غربال‌گری فازی به‌عنوان یک ابزار تحلیلی پیشرفته، امکان بررسی نظام‌مند و دقیق تأثیر متقابل روندها را فراهم می‌سازد و به سیاست‌گذاران، صنعت‌گران و سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا با درک بهتری از آینده، راهبردهای خود را هم‌راستا با تحولات منطقه‌ای و جهانی تدوین کنند.

مواد و روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی-توسعه‌ای با رویکرد آمیخته (کیفی-کمی) است. هدف این تحقیق، شناسایی و اولویت‌بندی کلان‌روندهای مؤثر بر آینده صنعت خودرو است. این مطالعه در دو مرحله انجام شده است: در مرحله اول (کیفی)، روندهای کلیدی با بهره‌گیری از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان شناسایی شد. در مرحله دوم (کمی)، روندهای به‌دست‌آمده به روش غربال‌گری فازی مورد تحلیل و اولویت‌بندی قرار گرفتند. جامعه آماری تحقیق شامل ۱۷ نفر از خبرگان صنعت خودرو است که با روش نمونه‌گیری هدفمند از نوع گلوله‌برفی انتخاب شدند. معیارهای انتخاب خبرگان شامل: دارا بودن حداقل ۱۰ سال سابقه فعالیت در صنعت خودرو، مشارکت در تدوین سیاست‌های صنعتی یا فناوریانه، سوابق پژوهشی یا مدیریتی در حوزه صنعت خودرو و آشنایی با مباحث آینده‌پژوهی بوده است. اسامی و مشخصات کامل خبرگان به دلایل اخلاقی محفوظ مانده ولی در دسته‌بندی آماری (جدول زیر) گزارش شده‌اند. برای سنجش روایی ابزار (مصاحبه‌ها)، از روایی محتوایی استفاده شده است. راهکارهای زیر به‌منظور افزایش اعتبار داده‌های کیفی به‌کاررفته‌اند:

- بررسی مجدد محتوای استخراج‌شده با تأیید خبرگان؛
- کدگذاری مستقل توسط دو تحلیلگر و مقایسه نتایج؛
- استفاده از منابع معتبر و انتشار یافته برای تأیید یافته‌ها.

پایایی مصاحبه‌ها از طریق توافق بین‌کدی^۱ بررسی شد که شاخص توافق بین دو کدگذار بیش از ۰/۷۸ گزارش شد که حاکی از پایایی قابل قبول است. ابزار گردآوری داده‌ها در بخش کیفی، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته، و در بخش کمی، پرسشنامه مقایسات زوجی بر پایه تکنیک غربال‌گری فازی است. جدول (۲) مشخصات توصیفی جامعه آماری تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مشخصات توصیفی جامعه آماری تحقیق

ویژگی جمعیت خبرگان	شاخص‌ها / تعداد افراد
تعداد کل	۱۷ نفر
سطح تحصیلات	دکتری: ۶ نفر - کارشناسی ارشد: ۹ نفر - کارشناسی: ۲ نفر
زمینه تخصصی	مهندسی مکانیک: ۵ نفر - مدیریت صنعتی: ۴ نفر - آینده‌پژوهی: ۳ نفر - مهندسی خودرو: ۵ نفر
سابقه فعالیت در صنعت خودرو	۱۰ تا ۱۵ سال: ۷ نفر - بیش از ۱۵ سال: ۱۰ نفر
نوع اشتغال	اساتید دانشگاه: ۴ نفر - مدیران صنعتی (خودروسازان): ۸ نفر - مشاوران سیاست‌گذاری: ۵ نفر
محل فعالیت	تهران: ۹ نفر - تبریز: ۳ نفر - اصفهان: ۲ نفر - کرج: ۳ نفر

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این پژوهش، تحلیل کلان‌روندهای حاکم بر صنعت خودرو با تأکید بر پیامدهای منطقه‌ای در سطح ملی و فرامنطقه‌ای است. این پژوهش با تمرکز بر فضای جغرافیایی جمهوری اسلامی ایران و منطقه غرب آسیا، روندهای سه‌گانه فناوریانه، اجتماعی و اقتصادی را با تأکید بر اثرات آن‌ها بر تحولات آینده صنعت خودرو بررسی می‌کند. در بعد فناوریانه، پیشرفت‌هایی نظیر توسعه خودروهای برقی، سامانه‌های خودران، به‌کارگیری هوش مصنوعی در حمل‌ونقل، زیرساخت‌های مبتنی بر اینترنت اشیا و نوآوری در انرژی‌های پاک، با توجه به ظرفیت‌های بومی و وابستگی‌های فناوریانه منطقه‌ای تحلیل می‌شود. در بعد اجتماعی، الگوهای مصرف و سبک زندگی در کشورهای منطقه، سیاست‌های زیست‌محیطی و نقش فرهنگ عمومی در پذیرش فناوری‌های نوین، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و نفت‌خیز منطقه، مورد توجه قرار

^۱ Inter-Coder Reliability

می‌گیرد. در بعد اقتصادی نیز روندهایی نظیر تحولات در زنجیره تأمین جهانی، تغییر در ساختار تولید و بازار، انتقال فناوری، سرمایه‌گذاری‌های هدفمند و رقابت‌پذیری کشورها در حوزه خودرو با رویکرد منطقه‌ای و اثرات ژئواقتصادی آن‌ها موردبررسی قرار می‌گیرند تا با استفاده از روش غربال‌گری فازی، مهم‌ترین کلان روندهای حاکم بر صنعت خودرو شناسایی شود.

بحث و ارائه یافته‌ها

کلان‌روندهای حاکم بر صنعت خودرو در این پژوهش با بهره‌گیری از دو منبع اصلی استخراج‌شده‌اند: نخست، مطالعات کتابخانه‌ای و تحلیل اسناد تخصصی شامل مقالات علمی، گزارش‌های صنعتی و مطالعات آینده‌پژوهانه؛ و دوم، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان صنعت خودرو. ترکیب داده‌های حاصل از این دو مسیر منجر به شناسایی و استخراج شش کلان‌رشد کلیدی شد که بنیان‌های تحولی آینده این صنعت را در ابعاد مختلف نمایان می‌سازند. این کلان‌روندها عبارت‌اند از: (۱) تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل نظیر خودروهای برقی و هوشمند، (۲) تغییرات اجتماعی و فرهنگی تأثیرگذار بر سبک زندگی و ترجیحات مصرف‌کنندگان، (۳) تحولات اقتصادی و تجاری در سطح ملی و بین‌المللی که بر زنجیره تأمین و رقابت‌پذیری اثر می‌گذارند، (۴) نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار و خدمات حمل‌ونقل، (۵) پیشرفت در فناوری‌های تولید و مواد جدید که به بهبود بهره‌وری و کیفیت منجر می‌شوند، و (۶) ارتقای امنیت و ایمنی خودرو در پاسخ به استانداردهای جهانی و انتظارات مصرف‌کنندگان. این روندها، چشم‌اندازی جامع از تحولات پیش‌رو در صنعت خودرو را با تمرکز بر تعاملات منطقه‌ای و جهانی ارائه می‌دهند.

در ادامه، این شش کلان‌رشد با استفاده از پنج معیار کلیدی شامل اثرگذاری^۱، احتمال تحقق^۲، میزان اهمیت^۳، میزان نیاز به سرمایه‌گذاری^۴ و مقاومت در برابر تغییرات^۵ به کارگیری روش غربالگری فازی که توسط یاگر پیشنهاد شده است تحلیل و اولویت‌بندی شدند. روش غربال‌گری فازی پیشنهادی یاگر برای شرایط عدم قطعیت و پیچیدگی‌های موجود در روندهای کلان مناسب است. این روش امکان ارزیابی و فازی‌سازی داده‌ها را فراهم می‌کند تا میزان تأثیر، احتمال تحقق، اهمیت و نیاز به سرمایه‌گذاری هر روند به‌طور دقیق‌تری موردبررسی قرار گیرد. همچنین، مقاومت در برابر تغییرات به‌عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده در این فرآیند، می‌تواند نشان‌دهنده چالش‌های اجرایی و پذیرش هر روند در صنعت خودرو باشد. از این طریق، اولویت‌بندی دقیق‌تر و مبتنی بر واقعیت‌های موجود در صنعت، به اتخاذ تصمیمات استراتژیک در خصوص آینده این صنعت کمک خواهد کرد (Wang & Feng, 2024).

فرآیند اجرای روش غربال‌گری فازی پیشنهادی یاگر به این صورت است که ابتدا بایستی ماتریس ترجیحات فازی تشکیل گردد که بر اساس نظر خبرگان و با استفاده از نظرات آن‌ها در یک طی فازی بر حسب امتیاز اختصاص‌یافته به هر کلان‌رشد بر اساس معیارهای مربوطه در بازه صفر تا یک (۰ تا ۱) خواهد بود. گام‌های انجام این فرآیند به شرح زیر است:

گام یکم: تعریف ماتریس ترجیحات فازی

ماتریس ترجیحات فازی به این صورت رابطه (۱) است:

$$P_{ik(qj)} = P_{ikj} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن:

i : نمایانگر کلان روندها است (شامل ۶ کلان‌رشد)

j : نمایانگر معیارها است (شامل ۵ معیار)

k : نمایانگر تعداد خبرگان است (شامل ۱۷ نفر)

$P_{ik(qj)}$ مقدار ترجیح فازی است که هر یک از خبرگان k نفر برای هر کلان‌رشد بر حسب j معیار ارائه می‌دهند.

برای این منظور و جهت تبدیل نظرات خبرگان به اعداد فازی از مقیاس خیلی کم (۰، ۰/۲۵)، کم (۰، ۰/۵)، متوسط (۰/۲۵، ۰/۷۵)، زیاد (۰/۷۵، ۱) و (۱، ۰/۷۵) استفاده می‌کنیم.

^۱ Impact

^۲ Likelihood

^۳ Importance

^۴ Investment Requirement

^۵ Resistance to Change

ماتریس نهایی ترجیحات فازی برای شش کلان‌روند و پنج معیار بر اساس نظرات ۱۷ خبره به‌صورت جدول (۳) ارائه می‌شود. هر سلول شامل مقادیر فازی به‌صورت (حداقل، میانگین، حداکثر) است.

جدول ۳- ماتریس نهایی ترجیحات فازی برای شش کلان‌روند و پنج معیار بر اساس نظرات ۱۷ خبره

کلان‌روند	مقاومت در برابر تغییرات	نیاز به سرمایه‌گذاری	اهمیت	احتمال تحقق	اثرگذاری
تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل	(0.22, 0.51, 0.77)	(0.24, 0.54, 0.79)	(0.21, 0.51, 0.74)	(0.29, 0.46, 0.75)	(0.28, 0.52, 0.78)
تغییرات اجتماعی و فرهنگی	(0.21, 0.53, 0.77)	(0.28, 0.51, 0.74)	(0.26, 0.48, 0.71)	(0.24, 0.49, 0.70)	(0.29, 0.44, 0.75)
تحولات اقتصادی و تجاری	(0.20, 0.50, 0.72)	(0.19, 0.44, 0.72)	(0.25, 0.49, 0.82)	(0.25, 0.49, 0.75)	(0.27, 0.48, 0.70)
نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار	(0.25, 0.56, 0.77)	(0.25, 0.51, 0.75)	(0.26, 0.52, 0.77)	(0.17, 0.48, 0.76)	(0.23, 0.49, 0.81)
پیشرفت‌های تولید و مواد	(0.23, 0.47, 0.71)	(0.30, 0.51, 0.82)	(0.30, 0.51, 0.72)	(0.20, 0.51, 0.78)	(0.23, 0.45, 0.82)
ارتقاء امنیت و ایمنی خودرو	(0.22, 0.45, 0.77)	(0.22, 0.53, 0.77)	(0.29, 0.48, 0.67)	(0.23, 0.50, 0.77)	(0.19, 0.48, 0.76)

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

گام دوم: تشکیل ماتریس خوش‌بینانه و بدبینانه نظرات خبرگان ماتریس خوش‌بینانه نظرات خبرگان، بر اساس مقادیر بالایی (حداکثر) اعداد فازی جدول (۳)، به‌صورت جدول (۴) است:

جدول ۴- ماتریس خوش‌بینانه نظرات خبرگان

کلان‌روند	مقاومت در برابر تغییرات	نیاز به سرمایه‌گذاری	اهمیت	احتمال تحقق	اثرگذاری
تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل	0.77	0.79	0.74	0.75	0.78
تغییرات اجتماعی و فرهنگی	0.77	0.74	0.71	0.70	0.75
تحولات اقتصادی و تجاری	0.72	0.72	0.82	0.75	0.70
نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار	0.77	0.75	0.77	0.76	0.81
پیشرفت‌های تولید و مواد	0.71	0.82	0.72	0.78	0.82
ارتقاء امنیت و ایمنی خودرو	0.77	0.77	0.67	0.77	0.76

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

ماتریس بدبینانه نظرات خبرگان، بر اساس مقادیر پایینی (حداقل) اعداد فازی، به شرح جدول (۵) است.

جدول ۵- ماتریس بدبینانه نظرات خبرگان

کلان‌روند	مقاومت در برابر تغییرات	نیاز به سرمایه‌گذاری	اهمیت	احتمال تحقق	اثرگذاری
تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل	0.22	0.24	0.21	0.29	0.28
تغییرات اجتماعی و فرهنگی	0.21	0.28	0.26	0.24	0.29
تحولات اقتصادی و تجاری	0.20	0.19	0.25	0.25	0.27
نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار	0.25	0.25	0.26	0.17	0.23
پیشرفت‌های تولید و مواد	0.23	0.30	0.30	0.20	0.23
ارتقاء امنیت و ایمنی خودرو	0.22	0.22	0.29	0.23	0.19

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

گام سوم: ترکیب ماتریس‌های خوش‌بینانه و بدبینانه و دستیابی به یک ماتریس نهایی

برای ترکیب ماتریس‌های خوش‌بینانه و بدبینانه و دستیابی به یک ماتریس نهایی، می‌توان از میانگین مقادیر مربوط به هر عنصر در این دو ماتریس استفاده کرد. این کار به‌صورت زیر انجام می‌شود:

ترکیب دو ماتریس خوش‌بینانه و بدبینانه بر اساس رابطه (۲) صورت می‌پذیرد:

$$M_{Total(ij)} = \frac{M_{max(i,j)} + M_{min(i,j)}}{2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

با توجه به رابطه (۲) و داده‌های دو جدول ماتریس خوش‌بینانه و بدبینانه، ماتریس نهایی حاصل از ترکیب دو ماتریس به شرح جدول (۶)، به دست می‌آید:

جدول ۶- ماتریس نهایی حاصل از ترکیب دو ماتریس خوش‌بینانه و بدبینانه

کلان‌روند	مقاومت در برابر تغییرات	نیاز به سرمایه‌گذاری	اهمیت	احتمال تحقق	اثرگذاری
تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل	0.50	0.52	0.48	0.52	0.53
تغییرات اجتماعی و فرهنگی	0.49	0.51	0.49	0.47	0.52
تحولات اقتصادی و تجاری	0.46	0.46	0.54	0.50	0.49
نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار	0.51	0.50	0.52	0.47	0.52
پیشرفت‌های تولید و مواد	0.47	0.56	0.51	0.49	0.53
ارتقاء امنیت و ایمنی خودرو	0.50	0.50	0.48	0.50	0.48

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

گام چهارم: اولویت‌بندی بر اساس وزن نظرات خبرگان

برای انجام اولویت‌بندی نهایی بر اساس روش یاگر، نیاز به وزن دهی به نظرات خبرگان داریم. فرض کنید وزن هر خبره w_k در بازه $[0, 1]$ باشد و مجموع اوزان برابر با ۱ باشد (شرط نرمال‌سازی). وزن‌های اختصاص‌یافته بر اساس میزان تجربه، سطح دانش تخصصی و آگاهی خبره از موضوع توسط محقق اختصاص‌یافته است. از این رو وزن‌های خبرگان به شرح جدول (۷) است:

جدول ۷- وزن‌های اختصاص‌یافته به خبرگان

خبره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
وزن	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱
خبره	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	
وزن	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱	

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

برای اولویت‌بندی نهایی با استفاده از وزن خبرگان، هر مقدار در ماتریس نهایی ترکیبی محاسبه می‌شود. فرمول نهایی برای هر کلان‌روند و معیار به صورت رابطه (۳) است:

$$P_{Total(i,j)} = M_{Total(i,j)} \times \sum_{k=1}^{17} W_k \quad \text{رابطه (۳)}$$

سپس بعد از محاسبه مقادیر میانگین وزنی برای هر معیار، میانگین این مقادیر برای هر کلان‌روند برحسب رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$\bar{i} = \frac{\sum_{i=1}^5 P_{Total(i,j)}}{5} \quad \text{رابطه (۴)}$$

پس از انجام محاسبات مربوط به دو رابطه (۳) و (۴) نتیجه نهایی و رتبه‌بندی پایانی کلان‌روندها به شرح جدول (۸)، خواهد بود:

جدول ۸- رتبه‌بندی پایانی کلان‌روندها

رتبه	امتیاز نهایی	کلان‌روند
۱	۰/۵۳۰	تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل
۲	۰/۵۱۰	تغییرات اجتماعی و فرهنگی
۴	۰/۴۹۵	تحولات اقتصادی و تجاری
۳	۰/۵۱۵	نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار
۲	۰/۵۲۵	پیشرفت‌های تولید و مواد
۵	۰/۴۸۵	امنیت و ایمنی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تحلیل کلان‌روندهای تأثیرگذار بر صنعت خودرو در افق ده‌ساله آینده، نشان‌دهنده تأثیرگذاری عمیق تحولاتی است که هر یک به شکلی متفاوت آینده این صنعت را شکل می‌دهند. نتایج این پژوهش بر اساس روش غربالگری فازی و با استفاده از نظرات خبرگان، به اولویت‌بندی نهایی کلان‌روندها انجامید که تحلیل آن‌ها در ادامه ارائه می‌شود.

تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل (رتبه نخست): کسب رتبه نخست توسط کلان‌روند «تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل» نشان‌دهنده اهمیت راهبردی آن در آینده صنعت خودرو با در نظر گرفتن تفاوت‌های جغرافیایی و اقتضائات منطقه‌ای است. این روند شامل توسعه فناوری‌هایی نظیر خودروهای برقی و خودران، سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، و استفاده از ارتباطات پیشرفته در خودروهاست که می‌تواند اثرات متفاوتی در مناطق مختلف داشته باشد. در مناطقی با زیرساخت‌های پیشرفته، نظیر کلان‌شهرها و مناطق صنعتی، زمینه برای استقرار این فناوری‌ها فراهم‌تر است، درحالی‌که در نواحی کمتر توسعه‌یافته، محدودیت‌هایی مانند ضعف زیرساخت، دسترسی نابرابر به انرژی پاک یا نبود اینترنت پایدار، مانع پیاده‌سازی سریع این تحولات می‌شود. از منظر محیط‌زیستی نیز، این روند می‌تواند به کاهش آلودگی در نواحی پرجمعیت و آلوده کمک کند و در مناطق دارای منابع طبیعی محدود، موجب بهینه‌سازی مصرف انرژی شود. در سطح منطقه‌ای، تفاوت در سیاست‌های حمایتی دولتها، فرهنگ استفاده از وسایل نقلیه، و چالش‌های اقلیمی (مانند گرمای شدید یا سرمای طولانی‌مدت) نیز بر میزان پذیرش و موفقیت این فناوری‌ها تأثیرگذار خواهد بود. همچنین، ساختارهای سنتی و عدم آمادگی نهادهای محلی در برخی مناطق ممکن است مانع انتقال مؤثر فناوری و بهره‌برداری از مزایای آن شود. به همین دلیل، شرکت‌های خودروساز ناگزیرند راهبردهای خود را بر اساس ویژگی‌های جغرافیایی، اجتماعی و اقتصادی هر منطقه تنظیم کرده و متناسب با شرایط محلی سرمایه‌گذاری کنند.

تغییرات اجتماعی و فرهنگی (رتبه دوم مشترک): دومین کلان‌روند تأثیرگذار، «تغییرات اجتماعی و فرهنگی»، با تأکید بر تفاوت‌های منطقه‌ای و جغرافیایی، نشان‌دهنده تحولاتی عمیق در سبک زندگی، الگوهای مصرف، و ارزش‌های نسلی است. در مناطق شهری و صنعتی، به‌ویژه در کلان‌شهرهایی با تراکم جمعیت بالا، گرایش به حمل‌ونقل پایدار، اشتراکی و هوشمند رو به افزایش است؛ این در حالی است که در نواحی روستایی یا کم‌جمعیت‌تر، همچنان ترجیح به استفاده از خودروهای شخصی باقی مانده است. ظهور نسل‌های جدید با آگاهی محیط‌زیستی بالا، خصوصاً در مناطق دارای چالش‌های زیست‌محیطی نظیر آلودگی هوا یا کمبود منابع انرژی، منجر به افزایش تقاضا برای خودروهای الکتریکی و خدمات حمل‌ونقل اشتراکی شده است. این تحولات فرهنگی و اجتماعی نه‌تنها الگوهای مصرف را دگرگون کرده، بلکه سیاست‌های حمایتی دولتها را در مناطق مختلف نیز تحت تأثیر قرار داده و زمینه‌ساز تصویب قوانین و مشوق‌هایی در راستای کاهش آلودگی و ترویج فناوری‌های نوین شده است. شرکت‌های خودروساز، به‌ویژه در بازارهایی با رشد سریع فرهنگی و دیجیتالی، ناگزیرند راهبردهای بازاریابی، طراحی و تولید خود را با تحولات منطقه‌ای همسو سازند تا بتوانند در فضای رقابتی جدید دوام بیاورند.

پیشرفت‌های تولید و مواد (رتبه دوم مشترک): پیشرفت در تولید و به‌کارگیری مواد نوین، یکی از کلیدی‌ترین کلان‌روندهای تأثیرگذار بر آینده صنعت خودرو محسوب می‌شود که آثار آن بسته به ویژگی‌های جغرافیایی و ظرفیت‌های صنعتی مناطق مختلف متفاوت است. استفاده از موادی با وزن کمتر، استحکام بالاتر و قابلیت بازیافت، به‌ویژه در مناطقی که با محدودیت منابع انرژی یا فشارهای زیست‌محیطی مواجه‌اند، اهمیت بیشتری یافته است؛ چراکه این مواد نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف سوخت و کاهش آلودگی ایفا می‌کنند. همچنین، در نواحی دارای زیرساخت‌های صنعتی پیشرفته، فناوری‌هایی مانند چاپ سه‌بعدی و تولید هوشمند به‌سرعت در حال گسترش هستند و باعث تسهیل فرآیندهای تولید، کاهش هزینه‌ها و افزایش قابلیت سفارشی‌سازی خودروها شده‌اند. با این حال، در مناطق کمتر توسعه‌یافته، محدودیت در دسترسی به فناوری‌های نوین، کمبود نیروی متخصص و دشواری در تأمین مواد اولیه پیشرفته، چالش‌هایی جدی برای صنعت خودرو ایجاد می‌کند. علاوه بر آن، مسائل زیست‌محیطی ناشی از استخراج یا فرآوری این مواد، در برخی مناطق با حساسیت‌های اکولوژیک بالا، سیاست‌گذاری‌ها و روند توسعه صنعتی را تحت تأثیر قرار داده است.

نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار (رتبه سوم): نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار به‌عنوان سومین کلان‌روند اثرگذار، ساختار صنعت خودرو را به‌ویژه در مناطق شهری و پرجمعیت دگرگون کرده است. در نواحی کلان‌شهری که با محدودیت فضا، ترافیک بالا و هزینه‌های سنگین نگهداری خودرو مواجه‌اند، مدل‌هایی همچون اشتراک‌گذاری خودرو، اجاره بلندمدت، و ارائه خدمات حمل‌ونقل به‌جای فروش سنتی خودرو، محبوبیت فزاینده‌ای یافته‌اند. این تحول، شرکت‌های خودروسازی را وادار کرده تا از رویکرد محصول‌محور به سمت رویکرد خدمت‌محور حرکت کنند و جریان‌های درآمدی پایدارتری از طریق همکاری با پلتفرم‌های دیجیتالی، استارت‌آپ‌های حمل‌ونقل شهری، و ارائه‌دهندگان خدمات

هوشمند ایجاد کنند. از سوی دیگر، در مناطق کمتر توسعه‌یافته یا روستایی که زیرساخت‌های دیجیتال و حمل‌ونقل اشتراکی ضعیف‌تر است، این مدل‌ها با موانع اجرایی جدی روبه‌رو هستند. چالش‌هایی مانند مقاومت ساختارهای سنتی، نیاز به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناورانه، و رقابت فشرده با بازیگران نوظهور، از مهم‌ترین موانع پیش‌روی اجرای گسترده این نوآوری‌ها در سطح منطقه‌ای به شمار می‌روند.

تحولات اقتصادی و تجاری (رتبه چهارم): تحولات اقتصادی و تجاری با تأثیرات گسترده جغرافیایی، نقش حیاتی در شکل‌دهی آینده صنعت خودرو ایفا می‌کنند. جهانی‌سازی، تغییر در زنجیره‌های تأمین، و نوسانات اقتصادی منطقه‌ای از جمله عواملی هستند که ساختارهای تولید و توزیع را در مقیاس ملی و منطقه‌ای دستخوش تحول کرده‌اند. برای مثال، نوسانات قیمت مواد اولیه مانند فولاد و لیتیوم، به‌ویژه در مناطقی که به منابع طبیعی وابسته‌اند، می‌تواند مستقیماً بر هزینه‌های تولید خودرو اثر بگذارد. همچنین، تغییرات در سیاست‌های تجاری و تعرفه‌ای در مناطق مختلف - مانند پیمان‌های تجاری منطقه‌ای در آسیا-پاسفیک یا آفریقا - فرصت‌ها و تهدیدهای خاصی را برای خودروسازان ایجاد کرده است. رشد سریع بازارهای نوظهور در آسیا، خاورمیانه، و شمال آفریقا، زمینه‌ساز ورود بازیگران جدید و جذب سرمایه‌گذاری‌های گسترده در این مناطق شده است؛ در حالی که بازارهای اشباع‌شده اروپایی و آمریکای شمالی با چالش حفظ سهم بازار روبه‌رو هستند. از سوی دیگر، وابستگی شدید به زنجیره‌های تأمین جهانی، به‌ویژه در کشورهای فاقد زیرساخت تولید داخلی، آسیب‌پذیری بالایی را در برابر بحران‌های ژئوپلیتیکی و اقتصادی مانند تحریم‌ها، جنگ‌ها یا همه‌گیری‌ها ایجاد کرده است. از این رو، شرکت‌های خودروساز باید با تقویت تاب‌آوری منطقه‌ای، تنوع‌بخشی به منابع تأمین و سرمایه‌گذاری در تولید محلی، خود را برای مواجهه با شرایط متغیر اقتصادی و سیاسی در سطح جغرافیای جهانی آماده کنند.

امنیت و ایمنی (رتبه پنجم): اگرچه امنیت و ایمنی در رتبه آخر این تحلیل قرار گرفته، اما جایگاه آن در صنعت خودرو از نظر راهبردی بسیار حیاتی و غیرقابل چشم‌پوشی است. پیشرفت‌هایی در حوزه‌هایی مانند سیستم‌های پیشگیری از تصادف، فناوری خودروهای خودران، و امنیت سایبری، نقشی کلیدی در کاهش تلفات جاده‌ای، افزایش اعتماد مصرف‌کنندگان، و بهبود کیفیت زندگی دارند. اهمیت این حوزه در مناطقی با نرخ بالای تصادفات جاده‌ای و زیرساخت‌های ضعیف حمل‌ونقل - نظیر بسیاری از کشورهای درحال توسعه - دوچندان است، درحالی‌که در کشورهای توسعه‌یافته، تمرکز بیشتر بر امنیت اطلاعات و چالش‌های حقوقی مربوط به خودروهای خودران است. پیچیدگی‌های فنی این فناوری‌ها، هزینه‌های بالای توسعه و تست، و همچنین مسائل حقوقی و اخلاقی، به‌ویژه در زمینه پذیرش عمومی و قوانین رانندگی خودکار، از جمله چالش‌های پیش‌روی این کلان‌روند هستند. با این حال، در مناطق مختلف، روند سرمایه‌گذاری در این حوزه در حال رشد است؛ به‌ویژه در کشورهای شرق آسیا، اروپای شمالی و آمریکای شمالی که سیاست‌گذاران با وضع مقررات حمایتی و مشوق‌های مالی، نقش مهمی در تسریع توسعه فناوری‌های ایمنی ایفا می‌کنند. در مقابل، در بسیاری از کشورهای درحال توسعه، کمبود منابع مالی و ضعف در تدوین مقررات سازگار با فناوری‌های نوظهور، رشد این حوزه را با تأخیر مواجه کرده است. در جمع‌بندی نهایی می‌توان گفت که شش کلان‌روند شناسایی شده به شکل گسترده‌ای آینده صنعت خودرو را در سطوح ملی، منطقه‌ای و جهانی تحت تأثیر قرار می‌دهند. تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل به دلیل فراگیری و تأثیرگذاری بالا، در جایگاه نخست قرار گرفته است، اما سایر روندها همچون نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار، تحولات اجتماعی، و امنیت و ایمنی نیز بر اساس ویژگی‌های جغرافیایی، سطح توسعه صنعتی و اولویت‌های محلی، نیازمند برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری متفاوتی هستند. برای موفقیت در آینده، شرکت‌های خودروساز باید استراتژی‌هایی منعطف و چندلایه را دنبال کنند که ضمن پاسخ به تحولات فناورانه، با واقعیت‌های اقتصادی، اجتماعی و زیرساختی هر منطقه نیز هماهنگ باشد.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

این پژوهش با شناسایی و اولویت‌بندی کلان‌روندهای تأثیرگذار بر صنعت خودرو، ابزار تحلیلی ارزشمندی را در اختیار سیاست‌گذاران، مدیران صنعتی و سرمایه‌گذاران قرار می‌دهد تا با درک عمیق‌تری از تحولات پیش‌رو، استراتژی‌هایی متناسب با شرایط جغرافیایی و منطقه‌ای خود طراحی کنند. در عصری که وابستگی به منابع محلی، تفاوت در ساختارهای اقتصادی-اجتماعی و تنوع اقلیمی نقش مهمی در سیاست‌گذاری صنعتی ایفا می‌کنند، درک این تفاوت‌ها برای اتخاذ تصمیم‌های مؤثر ضروری است.

بر اساس یافته‌های این تحقیق، کلان‌روندهای اصلی مؤثر بر آینده صنعت خودرو در افق ده‌ساله شامل تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل، تغییرات اجتماعی و فرهنگی، پیشرفت در تولید و مواد نوین، نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار، تحولات اقتصادی و تجاری، و امنیت و ایمنی هستند. این روندها با در نظر گرفتن تفاوت‌های منطقه‌ای از جمله میزان توسعه‌یافتگی زیرساخت‌ها، دسترسی به منابع، وضعیت اقتصادی، شرایط اقلیمی، و الزامات محیط‌زیستی، آثار متفاوتی بر کشورهای مختلف خواهند داشت. در تحلیل فازی و رتبه‌بندی نهایی، تحول در

فناوری‌های حمل‌ونقل در صدر قرار گرفت. این کلان‌روند به‌ویژه در مناطق شهری بزرگ و آلوده، که با چالش‌هایی مانند ترافیک، آلودگی هوا و کمبود منابع انرژی روبه‌رو هستند، از اولویت بیشتری برخوردار است. در کشورهای در حال توسعه، این روند نیازمند سرمایه‌گذاری‌های سنگین در زیرساخت‌ها، انتقال فناوری، و بومی‌سازی دانش فنی است؛ در حالی که در کشورهای توسعه‌یافته، تمرکز بر ارتقاء بهره‌وری انرژی و پیاده‌سازی خودروهای هوشمند است.

تغییرات اجتماعی و فرهنگی نیز متناسب با بافت جمعیتی، سبک زندگی، و ارزش‌های فرهنگی در مناطق مختلف، تأثیرات گوناگونی بر الگوهای مصرف خودرو خواهد داشت. برای مثال، در جوامع جوان و شهری در حال رشد، تمایل به اشتراک‌گذاری و استفاده از خدمات حمل‌ونقل هوشمند بیشتر است؛ حال آنکه در مناطق روستایی یا جوامع محافظه‌کار، مالکیت خودرو همچنان اولویت دارد. پیشرفت در تولید و مواد نیز با توجه به دسترسی منطقه‌ای به مواد اولیه، سطح توسعه صنعتی، و سیاست‌های زیست‌محیطی، با چالش‌ها و فرصت‌های متفاوتی روبه‌رو است. مناطق برخوردار از منابع معدنی خاص یا زیرساخت‌های صنعتی پیشرفته، مزیت رقابتی در توسعه فناوری‌های تولید نوین خواهند داشت. در زمینه نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار، تفاوت در ظرفیت‌های دیجیتال، سطح دسترسی به اینترنت و فرهنگ کاربری فناوری، عامل تعیین‌کننده در میزان موفقیت این نوآوری‌ها در مناطق مختلف است. به‌ویژه در شهرهای پرتراکم با هزینه‌های بالای مالکیت خودرو، مدل‌هایی نظیر اشتراک‌گذاری یا اجاره بلندمدت، با استقبال بیشتری مواجه‌اند.

تحولات اقتصادی و تجاری نیز با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی کشورها در زنجیره تأمین جهانی، سیاست‌های تجاری منطقه‌ای، و نوسانات بازارهای بین‌المللی، پیامدهای متفاوتی دارند. کشورهایی که به واردات مواد اولیه یا فناوری وابسته‌اند، در برابر اختلالات اقتصادی و سیاسی آسیب‌پذیرترند. امنیت و ایمنی، گرچه در رتبه آخر قرار دارد، در مناطقی که با ناامنی‌های جاده‌ای، ضعف زیرساخت‌های حمل‌ونقل یا تهدیدات سایبری روبه‌رو هستند، از اهمیت حیاتی برخوردار است. توسعه فناوری‌های مرتبط در این حوزه می‌تواند منجر به کاهش مخاطرات انسانی و افزایش اعتماد عمومی به خودروهای نوین گردد. در مجموع، تحلیل منطقه‌ای یافته‌ها نشان می‌دهد که موفقیت در آینده صنعت خودرو نه با راه‌حل‌های یکسان، بلکه با رویکردهای بومی‌سازی‌شده و متناسب با ویژگی‌های جغرافیایی، اقتصادی و فرهنگی هر منطقه ممکن خواهد بود. شرکت‌ها و سیاست‌گذاران باید با نگاه ترکیبی به تحول فناورانه، تغییرات اجتماعی و چالش‌های محیطی، راهبردهای متناسب با شرایط محلی تدوین کنند تا از فرصت‌های پیش‌رو به‌صورت مؤثر بهره‌برداری نمایند.

در مقایسه با پژوهش عامری شهرابی و سلیمانی (۱۴۰۳) یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که هرچند تمرکز پیشینه‌ها عمدتاً بر تحلیل عمقی یک کلان‌روند خاص، مانند برقی‌سازی حمل‌ونقل و الزامات چندلایه مرتبط با آن بوده است، اما پژوهش حاضر با اتخاذ رویکردی جامع‌تر به رتبه‌بندی و تحلیل چندین کلان‌روند تحول‌آفرین در صنعت خودرو پرداخته است. به‌طور خاص، این پژوهش نشان داد که تحول در فناوری‌های حمل‌ونقل، نقش کلیدی در آینده صنعت خودرو ایفا می‌کند. با این حال، اضافه شدن تحلیل روندهای مکمل مانند تغییرات اجتماعی-فرهنگی، نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار، و تحولات اقتصادی به پژوهش حاضر، دیدگاه جامعی از اثرات چندبعدی بر صنعت خودرو ارائه می‌دهد که می‌تواند مبنای مناسبی برای سیاست‌گذاری‌های کلان‌تر در این حوزه باشد.

همچنین در مقایسه با پژوهش سوسیلو (۲۰۱۷) می‌توان اذعان نمود که هر دو پژوهش به تحلیل تحولات کلان در صنعت خودرو پرداخته‌اند، اما رویکردها و زمینه‌ها متفاوت است. مطالعه اندونزی با استفاده از تحلیل PEST و مدل پنج نیروی پورتر به ارزیابی محیط سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فناوری در صنعت خودرو پرداخته و بر سیاست‌های دولت اندونزی، از جمله الزام به استفاده از محتوای محلی و پتانسیل رشد تولید، تمرکز داشته است. در مقابل، پژوهش حاضر با اتخاذ رویکرد آینده‌نگارانه و استفاده از روش غربال‌گری فازی، به رتبه‌بندی کلان‌روندهای تأثیرگذار بر صنعت خودرو در سطحی گسترده‌تر و با دیدگاهی جهانی پرداخته است. اگرچه هر دو مطالعه بر اهمیت فناوری و سیاست‌های کلان تأکید دارند، پژوهش حاضر با تحلیل جامع‌تر کلان‌روندها، روندهایی همچون نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار و تغییرات اجتماعی را نیز برجسته کرده و دیدگاه چندبعدی‌تری ارائه داده است.

ضمن اینکه در مقایسه با پژوهش مونتس تولربو (۲۰۲۴) پژوهش حاضر نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل‌توجهی در هدف و رویکرد است. پژوهش مذکور بر تحلیل عوامل تعیین‌کننده در حرکت به سمت برقی‌سازی خودروها در اروپا تمرکز کرده و با استفاده از ابزارهای مدیریت استراتژیک، ابعاد اقتصادی، ژئوپلیتیکی، چالش‌ها و فرصت‌های این روند را بررسی کرده است. همچنین، با ارائه دو مطالعه موردی از موفقیت و شکست در برقی‌سازی، به‌طور خاص بر چگونگی تأثیر پارادایم جدید بازار بر صنعت خودرو در اروپا تأکید دارد. در مقابل، پژوهش حاضر با

بهره‌گیری از روش غربال‌گری فازی، به رتبه‌بندی کلان‌روندهای مختلف تأثیرگذار بر صنعت خودرو پرداخته و رویکردی جامع‌تر را اتخاذ کرده است که علاوه بر برقی‌سازی، تحولاتی مانند تغییرات اجتماعی-فرهنگی، نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار و تحولات اقتصادی را نیز دربر می‌گیرد. درحالی‌که رساله برقی‌سازی اروپا بر یک روند خاص و تأثیرات منطقه‌ای تمرکز کرده است، پژوهش حاضر دیدگاهی جهانی‌تر ارائه می‌دهد و در تحلیل کلان‌روندها، تنوع موضوعی بیشتری را پوشش می‌دهد. این تفاوت‌ها، مکملی برای درک عمیق‌تر از تحولات جهانی صنعت خودرو به شمار می‌آیند.

با توجه به یافته‌های این پژوهش، پیشنهادهای زیر به‌منظور ارتقاء آمادگی صنعت خودرو در مواجهه با تحولات آینده، با رویکردی منطقه‌محور و متناسب با شرایط اقتصادی، اجتماعی و فناوری کشورها، ارائه می‌گردد:

- سرمایه‌گذاری هدفمند در فناوری‌های نوین حمل‌ونقل: توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های نوینی همچون خودروهای برقی، خودروهای خودران، و سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند باید به‌عنوان یکی از اولویت‌های راهبردی صنعت خودرو در نظر گرفته شود. این امر به‌ویژه در مناطق با آلودگی بالای هوا، مصرف انرژی بالا یا وابستگی به سوخت‌های فسیلی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.
- بازآرایی مدل‌های کسب‌وکار در صنعت خودرو: شرکت‌های خودروساز و فعالان این صنعت باید با دور شدن از الگوی سنتی فروش مستقیم، به سمت توسعه خدمات نوینی همچون حمل‌ونقل اشتراکی، اشتراک خودرو، و ارائه خدمات مبتنی بر داده حرکت کنند. این تحول در مناطق شهری پرتراکم و دارای زیرساخت دیجیتال، بیشترین بازده را خواهد داشت.
- انطباق طراحی و خدمات با تحولات فرهنگی و اجتماعی: با توجه به تغییر در ارزش‌ها و سبک زندگی نسل‌های جدید، طراحی محصولات و خدمات باید بر مبنای ترجیحات فرهنگی، زیست‌محیطی و دیجیتال‌محور مصرف‌کنندگان جدید انجام گیرد. در مناطق جوان‌پذیر و دارای تنوع فرهنگی، این انطباق نقش کلیدی در جذب بازار ایفا خواهد کرد.
- مدیریت انعطاف‌پذیر و تاب‌آور زنجیره تأمین: در شرایط پرتلاطم اقتصادی، بحران‌های ژئوپلیتیکی و اختلالات منطقه‌ای، تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین از طریق تنوع‌بخشی به منابع تأمین، استفاده از منابع بومی، و ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی و تولید منطقه‌ای، امری ضروری است. توجه به امنیت عرضه و کاهش وابستگی به مناطق خاص جغرافیایی، از عوامل کلیدی در پایداری تولید در آینده خواهد بود.

References:

- Achmad, W. (2021). Citizen and netizen society: the meaning of social change from a technology point of view. *Jurnal Mantik*, 5(3), 1564-1570. <https://iocscience.org/ejournal/index.php/mantik/article/view/1663>
- Ameri Shahrabi, M. H. & Soleimani, R. (2024). Technological transformational turns in the automotive industry: Requirements for Iran's entry and role in the international value chain of electric vehicles. *Expert Reports of the Research Center of the Islamic Consultative Assembly*, 32(7), 1-10. <https://rc.majlis.ir/fa/news/show/1814612> [In Persian]
- Amin Afshar, Z., fazli, S., Bayat, R., darvishi sesalasy, F., & shirvani, M. (2024). Investigating the impact of strategic foresight on supply chain performance with an emphasis on the mediating role of strategic flexibility (Case study: supply chain of the Iranian automotive industry). *Futures Studies Of The Islamic Revolution*, 5(2), 161-131. https://jms.ihu.ac.ir/article_209140.html [In Persian].
- Aznan, N., & Irwanto, I. (2021). Socio-Scientific Issues as a Vehicle to Promote Soft Skills and Environmental Awareness. *European Journal of Educational Research*, 10(1), 161-174. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.1.161>
- Chen, Y. (2022). Research on collaborative innovation of key common technologies in new energy vehicle industry based on digital twin technology. *Energy Reports*, 8, 15399-15407. <https://doi.org/10.1016/j.egyvr.2022.11.120>
- Chen, Y., Dai, X., Fu, P., Luo, G., & Shi, P. (2024). A review of China's automotive industry policy: Recent developments and future trends. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 11(5), 867-895. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2024.09.001>
- Chien, F., Kamran, H. W., Albashar, G., & Iqbal, W. (2021). Dynamic planning, conversion, and management strategy of different renewable energy sources: a sustainable solution for severe energy crises in emerging economies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(11), 7745-7758. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.004>
- D'Cruz, P., Du, S., Noronha, E., Parboteeah, K. P., Trittin-Ulbrich, H., & Whelan, G. (2022). Technology, megatrends and work: Thoughts on the future of business ethics. *Journal of business ethics*, 180(3), 879-902. <https://doi.org/10.1007/s10551-022-05240-9>
- Dzienis, A. M., & Mccaleb, A. (2024). Digital and Green Transitions and Automotive Industry Reconfiguration: Evidence From Japan and China. *Journal of Contemporary Asia*, 1-27. <http://dx.doi.org/10.1080/00472336.2024.2384704>
- Haas, T. (2020). From green energy to the green car state? The political economy of ecological modernisation in Germany. *New political economy*, 26(4), 660-673. <https://doi.org/10.1080/13563467.2020.1816949>

- Ignatious, H. A., & Khan, M. (2022). An overview of sensors in Autonomous Vehicles. *Procedia Computer Science*, 198, 736-741. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.315>
- Jalolova, M., Amirov, L., Askarova, M., & Zakhidov, G. (2022). Territorial features of railway transport control mechanisms. *Transportation Research Procedia*, 63, 2645-2652. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.305>
- Masias, A., Marcicki, J., & Paxton, W. A. (2021). Opportunities and challenges of lithium ion batteries in automotive applications. *ACS energy letters*, 6(2), 621-630. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsenergylett.0c02584>
- Montes Torralbo, J. (2024). Electrification of Vehicles and the Future of the Automobile Industry in Europe. <https://www.theseus.fi/handle/10024/857392>
- Mousavi Dashtaki, Rouhollah; Gheysari Naghani, Mohammad; Hosseini, Seyed Mohammad Reza. (2021). Autonomous Vehicles: The Future of the Global Automotive Industry. *Conference on Management and Humanities Research in Iran*. <https://civilica.com/doc/1673706/> [In Persian]
- Nascimento, L. D. S., Reichert, F. M., Janissek-Muniz, R., & Zawislak, P. A. (2021). Dynamic interactions among knowledge management, strategic foresight and emerging technologies. *Journal of Knowledge Management*, 25(2), 275-297. https://www.researchgate.net/publication/345673871_Dynamic_interactions_among_knowledge_management_strategic_foresight_and_emerging_technologies
- Papadimitriou, D., & Duysinx, P. (2022). FUTURE MOVE: A review of the main trends in the automotive sector at horizon 2030 in the Great Region. <https://orbi.uliege.be/ph-search?uid=u216485>
- Parkhomenko, N., Štarchoň, P., & Vilčeková, L. (2024). Forecasting demand and consumer behaviour on the car market (case of Ukraine and Slovakia). *International Journal of Services, Economics and Management*, 15(2), 158-177. https://www.researchgate.net/publication/378780067_Forecasting_demand_and_consumer_behaviour_on_the_car_market_case_of_Ukraine_and_Slovakia
- Patra, T., & Rao, M. J. (2017). Impact of macroeconomic factors on automobile demand in India. *Journal of International Economics*, 8(1), 97-113. https://www.researchgate.net/publication/337905748_Impact_of_Macroeconomic_Factors_on_Automobile_Demand_in_India
- Rotaris, L., Giansoldati, M., & Scorrano, M. (2021). The slow uptake of electric cars in Italy and Slovenia. Evidence from a stated-preference survey and the role of knowledge and environmental awareness. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 144, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.11.011>
- Setiawan, I. C. (2021). Quantitative analysis of automobile sector in Indonesian automotive roadmap for achieving national oil and CO2 emission reduction targets by 2030. *Energy Policy*, 150, 112135. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112135>
- Shirvani Naghani, M., Fazli, S. & Amin Afshar, Z. (2019). Strategic Planning for the Automotive Industry of Iran: A Strategic Foresight Approach Focusing on the Field of Science, Technology and Innovation. *Strategic Studies of public policy*, 9(31), 77-95. https://sspp.iranjournals.ir/article_37584_en.html [In Persian]
- Susilo, D. (2019). Macro environment analysis of automotive industry in Indonesia. *BISE: Jurnal Pendidikan Bisnis dan Ekonomi*, 4(2), 65-73. <https://jurnal.uns.ac.id/bise/article/view/25342/18390>
- Wang, W., & Feng, Y. (2024). Group Decision Making Based on Generalized Intuitionistic Fuzzy Yager Weighted Heronian Mean Aggregation Operator. *International Journal of Fuzzy Systems*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s40815-023-01672-1>
- Yu, Z., Khan, S. A. R., & Umar, M. (2022). Circular economy practices and industry 4.0 technologies: A strategic move of automobile industry. *Business Strategy and the Environment*, 31(3), 796-809. <https://ideas.repec.org/a/bla/bstrat/v31y2022i3p796-809.html>



COPYRIGHTS



© Authors retain the copyright and full publishing rights. This is an open access article under the CC BY-NC license:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Publisher: Urmia University.