



Research Paper

Presenting a Model for Measuring Supply Chain Complexity and its Role in Competitiveness Using a System Dynamics Approach in the Automotive Industry

Saeed Zanganeh: PhD Student in Industrial Management, Department of Management, Masjed Soleiman Branch, Islamic Azad University, Masjed Soleiman, Iran

Balghis Bavarsad* Department of Management, Masjed Soleiman Branch, Islamic Azad University, Masjed Soleiman, Iran

Majid Nili Ahmadabadi: Department of Management, Faculty of Management, University of Qom, Qom, Iran

Received: 2025/04/21 **PP** 59-74 **Accepted:** 2025/01/28

Abstract

This study aimed to develop a model for measuring supply chain complexity and its role in competitiveness using the system dynamics technique in the automotive industry. The research is applied and descriptive, conducted through a correlation survey approach based on historical and ex post facto data, using both qualitative and quantitative methods. In the qualitative section, 15 experts from universities and the automotive industry in Khuzestan province were purposefully selected, while in the quantitative section, official statistics and time series data from Iran Khodro Company were analyzed. Data analysis used the Delphi technique for the qualitative part and the system dynamics approach for the quantitative part. The findings showed that supply chain complexity in the automotive industry stems from numerous suppliers and components, the need to meet high-quality standards, and the challenges of inventory and logistics management. Strategic factors such as demand fluctuations, risk management, and product and workforce diversity add further complexity. External pressures like domestic and international regulations, economic and political conditions, and environmental sustainability requirements also intensify this complexity. Additionally, technological advancements affect the structure and performance of the supply chain, creating opportunities to strengthen capabilities and competitive advantage. In the quantitative analysis, after developing causal loop and flow diagrams, two scenarios were simulated: the first scenario reflects the increasing trend of macroeconomic variables like exchange rates, inflation, and gold and housing prices; the second scenario represents market inefficiency due to monopoly, public distrust in low-quality products, and the replacement of local cars with imports. The simulation results showed that both scenarios have similar long-term impacts on research variables, but the first scenario linked to economic factors results in higher fluctuations.

Keywords: Complexity, Capability, Supply Chain Performance, Competitive Advantage, System Dynamics

Citation: Zanganeh, S., Bavarsad, B., & Nili Ahmadabadi, M. (2025). **Presenting a Model for Measuring Supply Chain Complexity and its Role in Competitiveness Using a System Dynamics Approach in the Automotive Industry**, *Journal of Development Studies and Resource Management*, 3(9), 59-74.

Extended Abstract

Introduction

The present study develops a model to measure supply chain complexity and its impact on competitiveness within the automotive industry, employing a system dynamics technique. Given the increasing complexity of global supply chains, particularly in industries like automotive manufacturing, understanding the intricate relationships between supply chain factors and competitive advantage is crucial. This research is both applied and descriptive, utilizing a mixed-method approach that integrates qualitative and quantitative techniques to gain a comprehensive understanding of the complexities involved.

Methodology

The study is conducted in two phases. The first phase applies the Delphi technique to gather expert insights from both academia and industry professionals. A total of 15 experts from the automotive industry and academic institutions in Khuzestan province were selected through purposeful sampling. The second phase involves a quantitative analysis using system dynamics modeling based on historical data and time-series analysis from Iran Khodro Company. By integrating both qualitative and quantitative data, the study provides a more nuanced view of the factors influencing supply chain complexity and its role in maintaining competitiveness.

Results and discussion

Findings from the qualitative phase suggest that the automotive industry experiences significant supply chain complexity due to several factors. These include the extensive network of suppliers, the necessity for high-quality standards, logistical challenges, and inventory management concerns. Furthermore, strategic elements such as fluctuating demand, risk management, and product diversity further compound the complexity of the supply chain. External environmental pressures, including domestic and international regulations, economic and political challenges, and sustainability requirements, also significantly impact supply chain management. Emerging technologies, while providing

opportunities for improvement, simultaneously contribute to structural and operational complexity. As a result, effective supply chain management is identified as a key determinant of competitive advantage in the automotive industry.

The study highlights, through a system dynamics simulation, how two main scenarios—macroeconomic disruptions and market inefficiency coupled with public distrust—negatively influence supply chain performance in the automotive industry. The first scenario shows that exchange rate fluctuations, inflation, and volatile housing and gold prices cause significant supply chain instability, impacting cost control, supplier relationships, and production. The second scenario reveals that monopolistic market structures, declining trust due to poor product quality, and increased imports reduce competitiveness and weaken supply chain efficiency in a steady but adverse way. Overall, both scenarios harm supply chain performance, though macroeconomic factors create more volatility. To tackle these challenges, the study proposes practical strategies: optimizing supplier networks by focusing on key long-term partners, improving inventory management with advanced forecasting tools, investing in innovative and customizable product development, strengthening collaboration between the automotive sector and government bodies to improve infrastructure and trade, and committing to sustainable production practices aligned with global trends. These measures can enhance supply chain resilience and maintain competitive advantage amid economic and market fluctuations.

Conclusion

The study concludes that the complexity of supply chains in the automotive industry presents both challenges and opportunities. Effective supply chain management is essential for mitigating risks and maintaining a competitive advantage. By adopting strategic approaches that incorporate advanced technologies, sustainable practices, and collaborative frameworks, automotive firms can improve efficiency and resilience in an increasingly complex market environment. The system dynamics approach provides valuable insights into how different factors interact to shape supply chain performance. The study highlights the need for continuous adaptation

and proactive management to navigate economic uncertainties, regulatory challenges, and shifting consumer preferences. The findings serve as a foundation for further research on optimizing supply chain strategies in the automotive industry and other complex

industrial sectors. By leveraging these insights, automotive manufacturers can enhance supply chain agility, improve customer satisfaction, and sustain long-term competitiveness in an ever-evolving global landscape.





ارائه مدل اندازه‌گیری پیچیدگی زنجیره تأمین و نقش آن در رقابت‌پذیری با استفاده از رویکرد پویایی سیستم در صنعت خودروسازی

سعید زنگنه: دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، واحد مسجد سلیمان، دانشگاه آزاد اسلامی، مسجد سلیمان، ایران

بلقیس باورصاد: گروه مدیریت، واحد مسجد سلیمان، دانشگاه آزاد اسلامی، مسجد سلیمان، ایران

مجید نیلی احمدآبادی: گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، دانشگاه قم، قم، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۹ صص ۷۴-۵۹ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱

چکیده

این مطالعه با هدف توسعه مدلی برای سنجش پیچیدگی زنجیره تأمین و نقش آن در رقابت‌پذیری با استفاده از تکنیک پویایی سیستم‌ها در صنعت خودروسازی انجام شده است. این پژوهش از نوع کاربردی و توصیفی بوده و از طریق روش پیمایشی همبستگی با استفاده از داده‌های تاریخی و پس‌نگر، به شیوه‌ای ترکیبی (کیفی و کمی) انجام شده است. در بخش کیفی، ۱۵ نفر از خبرگان دانشگاهی و صنعت خودروسازی در استان خوزستان به صورت هدفمند انتخاب شدند و در بخش کمی، از آمار رسمی و داده‌های سری زمانی شرکت ایران خودرو استفاده گردید. تحلیل داده‌ها در بخش کیفی با تکنیک دلفی و در بخش کمی با رویکرد پویایی سیستم‌ها انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد که پیچیدگی زنجیره تأمین در صنعت خودرو ناشی از تعدد تأمین‌کنندگان و قطعات، نیاز به رعایت استانداردهای کیفی بالا و چالش‌های مدیریت موجودی و لجستیک است. عوامل راهبردی مانند نو سانات تقاضا، مدیریت ریسک و تنوع محصول و نیروی کار نیز این پیچیدگی را افزایش می‌دهند. فشارهای بیرونی مانند مقررات داخلی و بین‌المللی، شرایط اقتصادی و سیاسی و الزامات پایداری محیط‌زیست نیز این پیچیدگی را تشدید می‌کنند. علاوه بر این، پیشرفت‌های فناوری ساختار و عملکرد زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار داده و فرصتی برای تقویت قابلیت‌ها و مزیت رقابتی فراهم می‌کند. در بخش کمی، پس از طراحی نمودارهای علی و جریان، دو سناریو شبیه‌سازی شد: نخست، روند افزایشی متغیرهای کلان اقتصادی مانند نرخ ارز، تورم و قیمت طلا و مسکن؛ دوم، ناکارآمدی بازار ناشی از انحصار، بی‌اعتمادی عمومی به محصولات بی‌کیفیت و جایگزینی خودروهای وارداتی به جای تولیدات داخلی. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که هر دو سناریو اثرات بلندمدت مشابهی بر متغیرهای پژوهش دارند، اما سناریوی نخست که به عوامل اقتصادی مرتبط است، نوسانات بیشتری را به همراه دارد.

واژه‌های کلیدی: پیچیدگی، قابلیت، عملکرد زنجیره تأمین، مزیت رقابتی، پویایی سیستم‌ها

استناد: زنگنه، سعید؛ باورصاد، بلقیس و نیلی احمدآبادی، مجید (۱۴۰۴). ارائه مدل اندازه‌گیری پیچیدگی زنجیره تأمین و نقش آن در رقابت‌پذیری با استفاده از رویکرد پویایی سیستم در صنعت خودروسازی، فصلنامه مطالعات توسعه و مدیریت منابع، ۳(۹)، ۷۴-۵۹.

مقدمه

در دنیای کسب و کار امروز رقابت میان سازمان‌ها جای خود را به رقابت میان زنجیره‌های تامین داده است یکی از مهمترین مزایای رقابتی برای اعضای زنجیره تامین در مقابل زنجیره‌های تامین رقیب طراحی اثربخش کارای زنجیره تامین است لذا مدیریت این زنجیره تامین شامل مدیریت جریان فیزیکی، اطلاعاتی و تامین مالی می‌باشد. در برنامه‌ریزی سازمانی جریان‌ها و تصمیمات مالی شامل تعاملات و ارتباطات با برنامه‌ریزی زنجیره تامین است آنچه در نهایت عملکرد زنجیره تامین را مشخص می‌کند عملکرد مالی آن در افزایش درآمدها و کاهش هزینه هاست (Ebrahimi et al., 2016).

مزیت رقابتی ارزش‌های قابل ارائه شرکت برای مشتریان است به نحوی که این ارزش‌ها از هزینه‌های مشتری بالاتر باشند. مزیت رقابتی برای یک سازمان زمانی حاصل می‌شود که در یک بازار رقابتی کالاها و خدماتش را از کالاها و خدمات رقبایش متمایز سازد. طرفداران مکتب مزیت رقابتی مبتنی بر دانش بحث می‌کنند که یک شرکت می‌تواند پیروز یک نبرد رقابتی شود، تنها اگر آن دارای دانش مناسبتر از رقبایش باشد. از این دیدگاه مزیت رقابتی اساساً از شرکت و دانش‌اش ناشی می‌شود. مزیت رقابتی واقعی یک شرکت عمدتاً بر اساس سرمایه ساختاری اش بنا نهاده می‌شود، بدین معنا که یکی از مهمترین چالش‌های مدیریت تبدیل سرمایه انسانی شرکت به سرمایه ساختاری‌اش است (Ebrahimi et al., 2016).

مزیت رقابتی اگر از نظر مشتری در قیاس با دیگر شرکت‌ها و رقبا مساعدتر و مناسب‌تر به خدمات و قوانین مورد نظر باشد، می‌توان گفت که شرکت دارای رقابت است. بهتر بودن نسبت به رقبیان در یک یا چند شاخص، باعث می‌شود که شرکت در بازار نسبت به رقبای خود دارای مشتری‌های زیادتری باشد. که رضایت مشتری را جلب کند. در مزیت رقابتی پورتر موقعی شرکت‌ها می‌توانند از ویژگی‌های وابسته به خود، به نحو احسن استفاده کنند که بر روی منابع و دارایی‌های خود کنترل کافی داشته باشند. این عامل بسته به قدرت و پایدار بودن سازمان می‌باشد. این عامل نیز توان دسترسی به منابع را افزایش می‌دهد. استقبال مشتریان برای برخی محصولات باعث بیشتر شدن فروش محصولات می‌شود. مثلاً جایگذاری قفسه‌ها در فروشگاه‌ها در مقایسه با خرده فروشی‌ها، دسترسی بهتر به مشتریان جهت بازدید و خرید محصولات ارائه می‌دهد (Ateljević et al., 2023).

مدیریت زنجیره تامین به عنوان یکی از مبانی زیرساختی پیاده سازی کسب و کار در دنیا مطرح شده است. خواست مشتری بر کیفیت بالا و خدمت رسانی سریع موجب افزایش فشارهایی بر عناصر زنجیره تامین شده است که قبلاً وجود نداشته است. مدیریت زنجیره تامین، وظیفه یکپارچه سازی واحدهای سازمانی در طول زنجیره تامین و هماهنگ سازی جریان‌های مواد، اطلاعات و مالی را به منظور برآوردن تقاضای مشتری نهایی با هدف بهبود رقابت‌پذیری زنجیره... تامین را دارا می‌باشد (Shahbandarzadeh, 2017).

سرعت رشد تجارت جهانی، پیچیدگی طراحی و توسعه محصولات، تغییرات مداوم در نیازها و خواسته‌های مشتریان و تغییرات سریع عوامل بازار، موجب حساس شدن مدیران به محیط پیچیده خود برای هماهنگی برنامه‌های سازمان با این پیچیدگی‌ها شده است و سطحی نگری به آن موجب ایجاد تصمیم‌های پرهزینه و گاهی غیرقابل جبران برای سازمان خواهد شد. امروزه مدیران سازمان‌ها با چالش‌های زیادی در رفع عوامل پیچیدگی زنجیره تامین روبه رو هستند. شناسایی عوامل پیچیدگی و راهکارهای برخورد با آن جزو مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران و رهبران سازمان‌ها در یک زنجیره تامین است. یافته‌های تحقیقاتی نشان داده است که کاهش و مدیریت پیچیدگی در زنجیره تامین منجر به عملکرد بهتر، هزینه کمتر و یکپارچگی بیشتر زنجیره تامین می‌شود (Keaney, 2021).

جهانی شدن تولیدات و مصرف باعث شده تا سازمان‌ها برای اینکه بتوانند در بازارهای جهانی به رقابت بپردازند، به تولید و ارائه محصولات متنوع و با قیمت پایین بپردازند. نوآوری‌های مکرر، کاهش چرخه حیات محصولات، گسترش محدوده مصرف محصولات به مصرف کنندگان و گسترش محصولات متنوع از ویژگی‌های بازار جهانی است، در حالی که این خصوصیات به نفع مشتریان و مصرف کنندگان می‌باشد، برای سازمان‌ها و مدیران چالش‌ها و پیچیدگی‌هایی در زنجیره تامین ایجاد کرده است. روند جهانی شدن همچنین باعث افزایش وابستگی متقابل بین شرکای زنجیره تامین و تولید و عدم قطعیت برای هر دو طرف عرضه و تقاضا می‌شود، که در نهایت بهره وری و عملکرد زنجیره تامین را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bozarth, 2009). سازمان‌ها برای سازگاری توانایی و ظرفیت خود برای روبه رو شدن با تقاضاهای متنوع مشتریان و این چالش‌ها نیاز به یک زنجیره تامین با قدرت پاسخگویی بالا، شفاف، بدون پیچیدگی و انعطاف پذیر دارد (Christopher, 2014).

بهره وری زنجیره تامین سبب می‌شود تا شرکت‌ها بتوانند از تمام ظرفیت‌های موجود استفاده کرده و خود را ارتقا دهند. از سوی دیگر خطرات احتمالی با تأثیرات بسیار بالا به دلیل چرخه حیات کوتاه مدت محصولات، بازار آزاد و فن‌آوری جدید افزایش می‌یابد؛ بنابراین برای ایجاد زنجیره تأمینی که بتواند بدون شکست طراحی شود نیاز به مدیریتی دقیق است (Zitzmann, 2014). سیستم‌های سازمانی و فناوری‌های

پیچیده نیز سبب پیچیدگی سیستم تولید و زنجیره تأمین می‌شوند که به نظر می‌رسد، مدیران برای هماهنگی با آنها، باید خود را از طریق شناخت پیچیدگی و آثار آن آماده کنند و سازوکارهای مناسب را به کار گیرند (Mangan, J., Lalwani, 2016). به منظور مدیریت پیچیدگی و بهبود عملکرد در سراسر زنجیره تأمین، شرکت‌ها باید راهبردهای عملیاتی را استفاده کنند که بتوانند در بازار جهانی به رقابت بپردازند (Gunasekaran, 2008). در محیط‌های متفاوت، بر اساس ویژگی‌های مختلف محصول زنجیره تأمین متفاوت مورد توجه قرار می‌گیرد. استفاده از استراتژی‌های زنجیره تأمین یکسان در زمینه‌های مختلف احتمال بهره‌برداری و حداکثر تولید را کاهش می‌دهد. در عصر حاضر استراتژی زنجیره تأمین بر توازن بین زنجیره تأمین با محصولات و طراحی محصولات تأکید می‌کند (Pero, 2010). به عقیده برخی، زنجیره تأمین ذاتاً و به صورت کلی خود مستعد شکست است؛ زیرا تأمین کنندگان در فعالیتهای خود دارای روابط و ارتباطاتی هستند که فراتر از مرزهای سازمانی است و این امر به راحتی سبب اشتباه در زنجیره تأمین، به خصوص آن زنجیره تأمین که خارج از مرزهای ملی قرار دارد می‌شود؛ و آن را به سمت شکست پیش می‌برد. برخی سازمان‌ها برای جلوگیری از شکست، تأمین کالاها، مواد مورد نیاز و همچنین ارسال محصول خود تا رسیدن به دست مشتری را از تأمین کنندگان تک منبعی (یا چند منبعی) استفاده می‌کنند. برخی دیگر برای جلوگیری از شکنندگی زنجیره تأمین خود سعی در برون سپاری فعالیت‌های کاری خود دارند؛ اما سازمان‌ها در انتخاب تأمین کننده باید به این نکته توجه داشته باشند که برای جابجایی مکان سازمانی باید ابتدا برنامه‌هایی راجع به انتقال و ادامه تأمین طراحی کنند (Bendell, 2016).

شناسایی تقاضاها و پیچیدگی طراحی محصولات از ویژگی‌های اصلی یک زنجیره تأمین مناسب است. و سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا با انتخاب و طراحی یک زنجیره تأمین مناسب بتوانند این محیط را پیش بینی کنند و عملکرد خود را بهینه سازند (Christopher, 2014). محققان روش‌های مختلفی پیچیدگی زنجیره تأمین را مورد بررسی قرار داده‌اند. یک جریان اصلی از تحقیقات نشان می‌دهد که پیچیدگی زنجیره تأمین به دو قسمت پیچیدگی داخلی و خارجی تقسیم می‌شود (Sivadasan, 2004). رویکرد دیگر به پیچیدگی زنجیره تأمین این پیچیدگی را به دو دسته استاتیک یا ساختاری و پیچیدگی دینامیک یا عملیاتی تقسیم می‌کند (Blecker, 2005). پیچیدگی زنجیره تأمین از دیدگاه کلی به پیچیدگی روند، پیچیدگی محصول، پیچیدگی مشتری، پیچیدگی تأمین کننده و پیچیدگی اطلاعات تقسیم می‌شود (Christopher, 2014). سیستم‌های پویا، سیستم‌هایی هستند که رفتارشان تابع زمان می‌باشد. نتیجه شبیه سازی سیستم‌های پویا، توصیف سیستم و فهم آن می‌باشد. این کار به واسطه مدل‌های کمی و کیفی انجام می‌شود. همچنین از طریق شبیه سازی، می‌توان سیاست‌هایی که باید بر سیستم اعمال گردد را انتخاب نمود. از آنجا که رقابت‌پذیری یک عامل بسیار مهم در شرکت‌ها می‌باشید و با توجه به آنکه با ورود خودروهای خارجی این رقابت در بین شرکت‌های داخلی بیشتر ملموس می‌باشد. این پژوهش در پی ارائه مدل کلی برای اندازه‌گیری پیچیدگی زنجیره تأمین می‌باشد که پس از ارائه مدل مورد نظر جهت انجام تست و نشان دادن رقابت در بین حلقه‌های زنجیره تأمین صنعت خودرو انجام می‌شود و مشخص می‌نماید که پیچیدگی چه نقشی در رقابت‌پذیری دارد. درک پیچیدگی سیستم‌ها می‌تواند سبب توسعه روش‌هایی برای کاهش درجه پیچیدگی شده و متعاقباً طراحی سیستم‌هایی کارا و قابل پیش بینی شود. از آنجا که سیستم‌های زنجیره تأمین به دلیل پیشرفتهای فنی مدام در حال پیچیده‌تر شدن هستند، مدل‌سازی پیچیدگی این سیستم‌ها از موضوعات بسیار مهم برای مدیران آنها خواهد بود. با توجه به مطالب بیان شده در این پژوهش سعی شده تا به ارائه یک چارچوب و مدل مفهومی به بررسی پیچیدگی زنجیره تأمین بپردازد و تأثیر زنجیره تأمین و پیچیدگی آن را بر مزیت رقابتی بررسی کند. و همچنین از طریق شبیه سازی سیستم‌های پویا سیاست‌هایی که باید بر سیستم اعمال گردد را انتخاب نمود. بنابراین مساله مورد بررسی در این پژوهش عبارت است از: چه مقدار پیچیدگی زنجیره تأمین در رقابت‌پذیری تأثیر دارد؟

صنعت خودروسازی در کشورمان، جایگاه بسیار پررنگی در شبکه تولید داشته و سهم قابل توجهی در اقتصاد ملی را از آن خود کرده است. همچنین زنجیره تأمین صنعت خودرو یکی از پیچیده ترین زنجیره‌های تأمین به شمار می‌رود و نقش به سزایی در اشتغالزایی، رشد و رونق ارتباطات، تجارت و بوجود آمدن همکاری بین سازمان‌ها دارد. بخش‌های مختلف یک زنجیره تأمین خودرو شامل موارد زیر می‌باشد: جریان موجودی: فرآیند لجستیک با حمل مواد اولیه یا قطعات از تأمین کننده آغاز و با تحویل محصول ساخته شده نهایی به مشتری پایان می‌یابد. در جریان این انتقال، به ارزش ماده خام افزوده می‌شود. این ارزش تنها زمانی ایجاد می‌شود که محصول نهایی مطابق با نیاز مشتری و در زمان و مکان موردنظر تحویل داده شود. جریان موجودی از ۳ بخش توزیع فیزیکی، پشتیبانی تولید و لجستیک تشکیل می‌شود.

Single-source

Multi-source

Outsourcing

جریان اطلاعات: جریان اطلاعات سه حوزه عملیاتی توزیع فیزیکی، پشتیبانی تولید و تدارکات را با تعیین مکانهای ویژه و نیازهای متفاوت جابجایی در سیستم لجستیک ترکیب میکند. دو عنصر اصلی جریان اطلاعات عبارتند از: جریان برنامه‌ریزی و هماهنگی و جریان عملیاتی.

در زنجیره تأمین صنعت خودروسازی، جریان مالی تمامی عملیات و نقل و انتقالات پولی را شامل می‌شود که برای تأمین مواد اولیه، اجرای فرآیندهای تولیدی، فروش محصولات نهایی و مدیریت هزینه‌های برگشتی ضروری است. این صنعت با زنجیره تأمین گسترده و پیچیده، با چالش‌هایی همچون تنوع بالای قطعات، نوسانات بازار، دشواری پیش‌بینی موجودی، کنترل هزینه‌ها، تضمین کیفیت و ضرورت واکنش سریع به تغییرات محیطی مواجه است. اندازه‌گیری پیچیدگی زنجیره تأمین می‌تواند با بهبود کارایی، کاهش ریسک و افزایش انعطاف‌پذیری، مسیر توسعه استراتژی‌های بهینه را هموار کند. با این حال، ابعاد نامشخصی مانند تعریف دقیق مدل پیچیدگی، نحوه تأثیر رویکرد پویایی سیستم بر رقابت‌پذیری، میزان اثرگذاری اجرای مدل و تأثیرپذیری از عوامل خارجی همچنان نیازمند بررسی و شفاف‌سازی است. در شرایطی که صنعت خودروسازی کشور با مشکلاتی نظیر افزایش قیمت مواد اولیه، بحران نقدینگی و چالش‌های تأمین قطعات روبه‌رو است، بهبود سیستم لجستیکی در سه سطح درون‌سازمانی، مدیریت ارتباط با تأمین‌کنندگان و کاهش هزینه‌ها از طریق ارتقای کارایی زنجیره تأمین، ضرورتی حیاتی برای حفظ رقابت‌پذیری این صنعت به شمار می‌رود. بنابراین در این پژوهش شناسایی ابعاد اصلی مساله از جمله اندازه‌گیری پیچیدگی زنجیره تأمین، تأثیرات رویکرد پویایی سیستم، متغیرهای مرتبط با رقابت‌پذیری و عوامل مؤثر بر زنجیره تأمین بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از این رو سوالات پژوهش حاضر به شرح ذیل می‌باشد.

مدل و الگوی بهینه اندازه‌گیری پیچیدگی زنجیره تأمین و نقش آن در رقابت‌پذیری با استفاده از رویکرد پویایی سیستم در صنعت خودروسازی کدام است؟

متغیرهای مرتبط با پیچیدگی زنجیره تأمین در شرکت ایران خودرو کدامند؟

متغیرهای مرتبط با قابلیت زنجیره تأمین در شرکت ایران خودرو کدامند؟

متغیرهای مرتبط با مزیت رقابتی زنجیره تأمین در شرکت ایران خودرو کدامند؟

سناریوهای مختلف بر روی مولفه‌های اصلی چه تأثیری دارد؟

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پیچیدگی مدیریت زنجیره تأمین

زنجیره تأمین شبکه پیچیده‌ای از امکانات طراحی برای تهیه، تولید و توزیع کالا به مشتریان در مقادیر مناسب، به مکان‌های مناسب و در زمان مناسب است (Kavilal et al., 2017). سرعت رشد تجارت جهانی و تغییرات سریع عوامل بازار، موجب حساس شدن مدیران به محیط پیچیده خود برای هماهنگی برنامه‌های سازمان با این پیچیدگی‌ها شده است و سطحی‌نگری به آن موجب ایجاد تصمیم‌های پرهزینه و گاهی غیرقابل جبران برای سازمان خواهد شد. امروزه مدیران سازمان‌ها با چالش‌های زیادی در رفع عوامل پیچیدگی زنجیره تأمین روبرو هستند. شناسایی عوامل پیچیدگی و راهکارهای برخورد با آن جزو مهمترین دغدغه‌های مدیران و رهبران سازمان‌ها در یک زنجیره تأمین است. یافته‌های تحقیقاتی نشان داده است که کاهش و مدیریت پیچیدگی در زنجیره تأمین منجر به عملکرد بهتر، هزینه کمتر، و یکپارچگی بیشتر زنجیره تأمین می‌شود (Lie et al., 2012).

پیچیدگی زنجیره تأمین، همه عدم قطعیت‌های عملیاتی یا گونه‌های ساختاری مرتبط با علل داخلی و خارجی‌ای که به وسیله جریان اطلاعات یا مواد در زنجیره تأمین وجود دارد، تعریف می‌شود که به شکل‌های شناخته شده، ناشناخته، قابل انتظار، غیرمنتظره، پیش‌بینی‌پذیر یا پیش‌بینی نشده در سازمان وجود دارد (Lie et al., 2012). پیچیدگی در زنجیره تأمین کنونی به دلیل جهانی شدن، تنوع، انعطاف‌پذیری، پایداری و عدم قطعیت، بسیار متعدد بوده و دائم در حال تغییر و تحول است (Gunasekaran et al., 2014). افزایش پیچیدگی در زنجیره تأمین به اختلال در زنجیره تأمین (Bode & Wagner, 2015)، افزایش هزینه در زنجیره تأمین (de Leeuw et al., 2013) و ارائه خدمات ضعیف به مشتریان (Bode & Wagner, 2015) منجر می‌شود. مطالعات کحققان نشان می‌دهد مدیریت پیچیدگی زنجیره تأمین برای به دست آوردن مزیت رقابتی بسیار حیاتی است (Kavilal et al., 2017). براساس مطالعه Isik (2010)، استراتژی‌های مدیریت کارای پیچیدگی زنجیره تأمین شامل شناسایی، اولویت‌بندی، اندازه‌گیری و کنترل پیش‌ران‌ها/ منابع پیچیدگی است (Serdarasan, 2013).

می‌توانیم بین دو نوع پیچیدگی در زنجیره تأمین تفکیک قائل شویم: پیچیدگی استاتیک و پیچیدگی دینامیک. پیچیدگی ایستا (استاتیک/ساختاری)، ساختار زنجیره تأمین، گوناگونی اجزای آن و قوت تعاملات بین اجزای آن را مورد بررسی قرار می‌دهد و پیچیدگی پویا (دینامیک/عملیاتی) عدم قطعیت در زنجیره تأمین را نشان داده و شامل جنبه‌های مرتبط با زمان و وقایع تصادفی می‌باشد. نوع دیگری از

پیچیدگی بنام پیچیدگی تصمیم‌گیری هم اضافه شده است که از همان جنس پیچیدگی ایستا و پویا است، فقط در مرحله تصمیم‌گیری ظاهر می‌شود (Serdar & Tanyas, 2005). جدول ۱، عوامل مختلف پیچیدگی زنجیره تأمین بر مبنای منشأ پیدایش و نوع آنها را بر مبنای منشأ پیچیدگی نشان می‌دهد.

جدول ۱- عوامل مختلف پیچیدگی زنجیره تأمین بر مبنای پیدایش و نوع آنها

		عوامل بیرونی (تقاضا)	عوامل واسطه عرضه و تقاضا	عوامل درونی (عرضه)
منبای نوع پیچیدگی	ایستا (ساختار)	تنوع خواست مشتریان	نوع محصول	تعدد و تنوع محصول
		های منابع تنوع نیازمندی	تعدد و تنوع تأمین کنندگان	تعدد و تنوع فرآیند
		تنوع انتظارهای نیروی کار	تعدد و تنوع مشتریان	های جدید تکنولوژی
	پویا (عملیاتی)	تغییرات محیطی	فقدان همزمان سازی فرآیندها	عدم قطعیت فرآیند
		روندهای بازار	نمایی تقاضاپدیده بزرگ	های نادرست‌ها و برنامه‌بینی پیش
		های آینده‌های توسعه عدم قطعیت	های موازی تعامل	های نیروی انسانی عدم قطعیت
			های فرآیندی تناقض	
	گیری تصمیم	تغییرات محیطی	های متناقض‌ها و اقدام تصمیم	گیری فرآیند تصمیم
		عوامل خارج از محدوده کنترل (رقبا)	های غیرهم‌هنگ، سیاست تصمیم عرضه و موجودی	فقدان اطلاعات
				IT سیستم
های عوامل ناشناخته و عدم قطعیت غیرقابل کنترل		فقدان اطلاعات	ساختار سازمانی	
		ناسازگار IT سیستم	های نیروی انسانی عدم قطعیت	

Serdar & Tanyas, 2005

پیچیدگی براساس ارتباط تأمین-مونتاز در زنجیره تأمین بوده و اطلاعات تنوع محصول مونتاز کننده پایین دستی در هر ارتباط گرفته می‌شود. شاخص‌های پیچیدگی در سیستم‌های تولید به‌شبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. Schuh et al، محرک‌های اصلی پیچیدگی را به‌صورت زیر تعریف می‌کنند: عدم قطعیت، پویایی، کثرت، تنوع و تعاملات و ترکیب بین این عوامل تعیین می‌کنند که یک سیستم پیچیده هست یا خیر. پیچیدگی زنجیره تأمین دو کانون اصلی دارد؛ یکی از آنها نقطه تمرکز بیشتر پیچیدگی‌های عملیاتی در زنجیره‌های تأمین (برای مثال نوع، کیفیت و مقدار رابطه) را بررسی می‌کند و دیگری بر ساختار پیچیدگی زنجیره تأمین بیشتر متمرکز شده است (Bozarth et al., 2009).

پیچیدگی زنجیره تأمین، سطحی از پیچیدگی جزئیات و پیچیدگی پویای ارائه شده توسط محصول‌ها، فرآیندها و رابطه‌هایی که یک زنجیره تأمین را تشکیل می‌دهند، تعریف شده است (Bozarth et al., 2009). پیچیدگی جزئیات، به تعداد مشخصی از قطعاتی که یک سیستم را تشکیل می‌دهند، اشاره دارد؛ در حالی که پیچیدگی پویا نشان‌دهنده پیش‌بینی ناپذیر بودن پاسخ سیستم به مجموعه‌ای از ورودی‌ها و ارتباط متقابل قطعات سیستم است. جریان مواد و اطلاعات، پیرامون‌های اصلی پیچیدگی در زنجیره تأمین را به دلیل عدم اطمینان و تنوع، نشان می‌دهند (Isik, 2010). پیرامون‌های پیچیدگی زنجیره تأمین معمولاً به سه دسته بالادستی، تولیدات داخلی و پایین دستی طبقه‌بندی می‌شوند (Bozarth et al., 2009).

رقابت‌پذیری مدیریت زنجیره تأمین

تغییر، یکی از ویژگی‌های اصلی محیط سازمانها در عصر رقابتی جدید می‌باشد و شرط بقای سازمان‌های عصر کنونی توانایی پاسخگویی سریع و به موقع خود به تغییرات محیطی است، آنچه که در ادبیات مدیریت از آن تحت عنوان «رقابت‌پذیری» یاد می‌شود. رقابت‌پذیری سازمان بر مبنای دو رویکرد مبتنی بر منابع و مبتنی بر بازار می‌باشد و سازمانها برای کسب جایگاه مناسب رقابتی باید هر دو منظر را مورد توجه داشته باشند. عملکرد بهینه زنجیره تأمین می‌تواند مبنایی برای برآورده نمودن نیازمندیهای هر دو رویکرد رقابت‌پذیری باشد (Eqbalpour, 2013). یکی از مهم‌ترین فاکتورهای بقا و پیشرفت شرکت‌ها در محیط پویای امروزی، رقابت‌پذیری آنها است. ویژگی اساسی این محیط تغییر و عدم اطمینان است. در چنین محیطی عملکرد شرکت‌ها چگونه باید باشد تا ضمن حفظ موقعیت خود در بازار، حد اکثر منفعت را از تغییرات کسب کرده و پیشرفت کنند؟ با آغاز قرن بیست و یکم، سازمان‌ها تغییرات اساسی و شدیدی را پیرامون خود تجربه کرده‌اند. این تغییرات سازمان‌ها را به سمت چالش‌های نوینی هدایت می‌کند که عدم توجه به آنها بقا و موفقیت سازمان‌های تولیدی را به‌طور فزاینده‌ای تهدید می‌کند. این موقعیت حیاتی منجر به آن شده است که بسیاری از سازمان‌ها در اولویت‌های کسب‌وکار و دیدگاه‌های استراتژیک خود تجدید نظر کنند و

تمرکز خود را بر سازگاری با تغییرات محیط کسب و کار و پاسخ سریع به نیازهای بازار و مشتری از طریق روش‌های نوین همکاری قرار دهند. سازمان‌ها برای پاسخ به این چالش‌های کسب و کار، رویکرد نوینی به نام رقابت‌پذیری را برگزیده‌اند. رقابت‌پذیری از موضوعات مهمی است که در سال‌های اخیر در ادبیات مدیریت و بازاریابی استراتژیک مورد تاکید قرار گرفته است. در این رابطه، چشم‌اندازهای متفاوتی نسبت به عوامل تعیین‌کننده و مؤثر ارائه شده است. برخی بر عوامل داخلی و توانمندسازهای به‌عنوان عوامل مؤثر بر رقابت‌پذیر شدن تکیه دارند و برخی دیگر بر عوامل محیطی و بازار به‌عنوان عوامل مؤثر بر تواناسازی سازمان و رقابت‌پذیر کردن آن (Hasheminejad & Mohammadianamiri, 2010).

بطور سنتی، اندازه‌گیری رقابت به عنوان فرآیند کمی‌سازی اثربخشی و کارایی عملیات تعریف شده است (Saiz et al., 2008). در مدیریت کسب و کار جدید، رقابت نقش بسیار مهمتری از کمی‌سازی و فرآیند حسابداری دارد. سینک و توتل^۱ بیان می‌کنند که «آنچه را نمی‌توانید اندازه‌گیری کنید، نمی‌توان مدیریت کرد». رقابت‌پذیری می‌تواند بازخوردهای اطلاعاتی مهمی ارائه کند که مدیران را قادر می‌سازد تا عملکرد را تحت نظر گرفته، پیشرفت را آشکار کنند، تحرکات و ارتباطات را تقویت، و مسائل را شناسایی کنند. رقابت‌پذیری در مدیریت زنجیره تأمین درک درونی و یکپارچه‌سازی میان اعضاء زنجیره تأمین را می‌تواند تسهیل کند. همچنین، اطلاعاتی را در خصوص اثربخشی استراتژی‌ها، شناسایی عوامل حیاتی موفقیت و فرصت‌های بالقوه فراهم می‌آورد (Chan & Qi, 2003). رقابت‌پذیری دارای نقش چشمگیری برای تصمیم‌گیری در مدیریت زنجیره تأمین به‌ویژه در باز طراحی مجدد اهداف و استراتژی‌های کسب و کار و باز مهندسی فرآیندهای کسب و کار است (Gunasekaran et al., 2005).

پیشینه پژوهش

فرسیجانی و چوپانی (۱۴۰۲)، پژوهشی با عنوان «بررسی تاثیر مدیریت زنجیره تأمین سبز بر عملکرد زیست محیطی و عملکرد سازمانی با توجه به نقش تعدیلگر رقابت‌پذیری» به انجام رساندند. نتایج حاصل از بکارگیری مدل‌سازی معادلات ساختاری در محیط نرم‌افزار لیزرل نشان داد که مدیریت زنجیره تأمین سبز به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق نقش میانجی عملکرد زیست محیطی بر عملکرد سازمانی تاثیرگذار است. ضمن اینکه رقابت‌پذیری نیز تاثیرمدیریت زنجیره تأمین سبز بر عملکرد سازمانی را تعدیل می‌کند. فرید و همکاران (۱۴۰۲)، پژوهشی با عنوان «بررسی تاثیر قابلیت پویایی زنجیره تأمین بر عملکرد مالی با رویکرد ساختار اختلال در زنجیره تأمین. نشریه مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی» به انجام رساندند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش معادلات ساختاری واریانس محور استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که پویایی و انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین در مواجهه با اختلالات بر عملکرد مالی با نقش میانجی تاب‌آوری زنجیره تأمین تاثیر دارد. انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین نیز تحت تاثیر جهت‌گیری اختلال در زنجیره تأمین قرار دارد. باین حال، تاثیرات عملکرد مالی جهت‌گیری اختلال در زنجیره تأمین از طریق انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین قابل کنترل است. وهابی و جعفری (۱۴۰۱)، پژوهشی با عنوان «تحلیل زنجیره ارزش و تولید در زنجیره تأمین صنعت فرش با رویکرد پویایی سیستم‌ها» به انجام رساندند. برای انتخاب استراتژی مناسب در جهت بهبود معیارهای تعریف شده در ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین، با مصاحبه با خبرگان استراتژی زنجیره تأمین (برنامه ریزی و اجرا) را برای صنعت فرش برگزیده شد و در قالب سناریو استراتژی ناب اعمال گردید و باعث بهبود شاخص‌های مؤثر بر زنجیره تأمین گردید که این نشان دهنده انتخاب درست استراتژی ناب به عنوان استراتژی مناسب زنجیره تأمین صنعت فرش می‌باشد.

فبرانسیا و کاملیا گونی^۲ (۲۰۲۲)، پژوهشی با عنوان «اندازه‌گیری رقابت زنجیره تأمین صنعت تجارت الکترونیک در اندونزی بررسی رقابت‌پذیری» به انجام رساندند. نتیجه نشان می‌دهد که برای دستیابی به رقابت‌پذیری زنجیره تأمین، شرکت باید استراتژی‌هایی را با تمرکز بر عملکرد مانند هزینه، تمایز، پایداری و همچنین زیرساخت‌های داخلی مانند نرم‌افزار و سخت‌افزار انجام دهد. تسنگ و همکاران^۳ (۲۰۲۱)، پژوهشی با عنوان «مدل علت و معلولی برای رقابت زنجیره تأمین پایدار دیجیتال تحت عدم قطعیت» به انجام رساندند. یافته‌ها نشان می‌دهد که چهار جنبه، از جمله اثربخشی پلت فرم دیجیتال، ارتباطات دیجیتال متعلق به دیدگاه دیجیتالی شدن زنجیره تأمین، شرایط کار و فرآیندهای تولید، برای مدیریت زنجیره تأمین پایدار مهم هستند. معیارهای علت اصلی، از جمله یکپارچه سازی لجستیک، بهینه سازی لجستیک، سرعت تحویل، اقدام پیشگیرانه، و موجودی زمان واقعی، برای کمک به شرکت‌ها در اجرای شیوه‌های بهتر در نظر گرفته می‌شوند.

مواد و روش تحقیق

¹ Sink and tuttle

² Febransyah & Camelia Goni

³ Tseng et al

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نوع توسعه‌ای بوده است. روش پژوهش مورد استفاده، ترکیبی از روش‌های کیفی و کمی بوده است. در مراحل اولیه از مصاحبه و پرسشنامه برای شناخت مسئله استفاده شده است. سپس مدل‌سازی با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها انجام و مدل شبیه‌سازی شده است. این پژوهش از نوع تحقیق توسعه‌ای است. از طرف دیگر با توجه به اینکه این پژوهش در شرکت ایران خودرو استان خوزستان (شمال-جنوب، شرق و غرب) انجام می‌شود و هدف از آن، ارائه سیاست‌های بهبود در آن شرکت ایران خودرو می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که این پژوهش از نوع تحقیق کاربردی است. ابزارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر در بخش کیفی، پل خبرگان و پرسشنامه خبره محور می‌باشد. در بخش کمی و مدل‌سازی از داده‌های سری زمانی و اسناد شرکت ایران خودرو استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از رویکردهای پویایی‌شناسی سیستم و جهت طراحی و شبیه‌سازی مدل از نرم افزار ونسیم استفاده می‌شود. لذا از آنجائیکه این پژوهش در دو بخش کیفی و کمی انجام می‌شود. در بخش کیفی، نمونه‌گیری به صورت هدفمند از مدیران و کارشناسان زنجیره تأمین شرکت ایران خودرو انجام شده است که روش نمونه‌گیری هدفمند و تعداد نمونه مورد استفاده در پژوهش حاضر ۱۵ نفر می‌باشد. داده‌های مورد نیاز مدل از طریق مصاحبه با جمع‌آوری شده است. در بخش کمی از آمارهای رسمی و سری‌های زمانی متغیرهای مورد نظر در شرکت ایران خودرو استفاده شده است. این پژوهش در بخش کیفی از تحلیل دلفی برا احصاء متغیرهای کلیدی بهره‌برداری کرده است. در بخش کمی از رویکرد پویایی سیستم بهره‌برده است.

بحث و ارائه یافته‌ها

شرح متغیرهای مدل

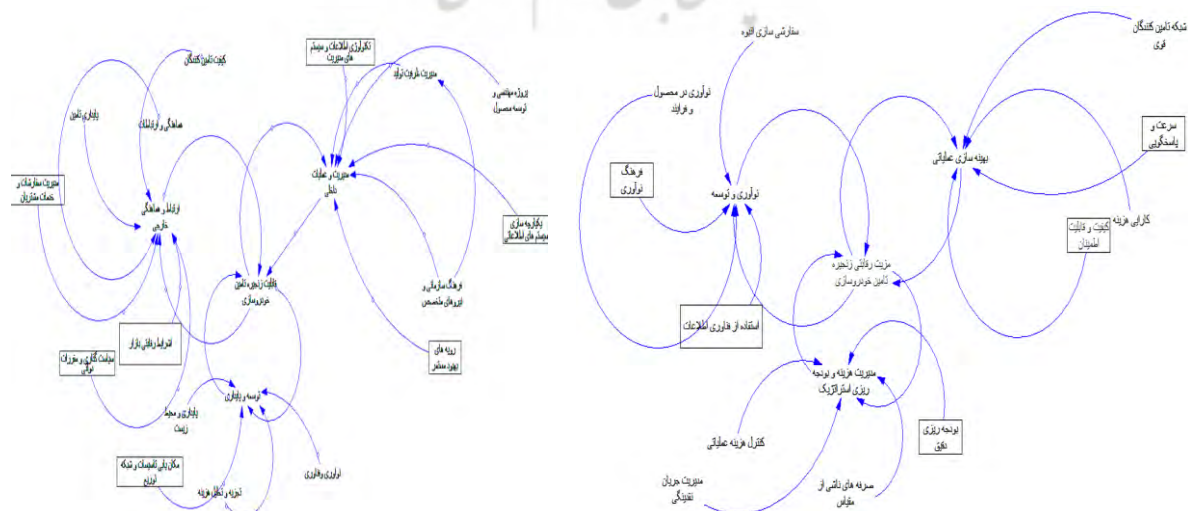
در این تحقیق برای استخراج متغیرهای موثر بر پیچیدگی و عملکرد زنجیره تأمین، علاوه بر جستجو در منابع با مصاحبه شونده‌گانی از خبرگان و متخصصان حوزه مدیریت در دانشگاه و مدیران متخصص و اجرایی در خودروسازی مصاحبه شد. با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند، با ۱۵ نفر از خبرگان و متخصصان نظر سنجی شد. در این پژوهش همانطور که در فصل گذشته بحث شد از مصاحبه نیمه ساختاریافته استفاده شده است. در میان خبرگان و کارشناسان خبرگان صنعت و دانشگاه به تعداد برابر در پژوهش مصاحبه شدند، تحصیلات دکتری بیشتری درصد این بخش را به خود اختصاص داد. بیشترین سن گروه ۳۱-۵۰ سال بوده است. بیشتر خبرگان را مردان تشکیل دادند. تمام متغیرهای احصا شده از مصاحبه‌ها طبق جدول زیر قابل ارائه می‌باشد.

جدول ۲- معرفی مولفه‌های پژوهش

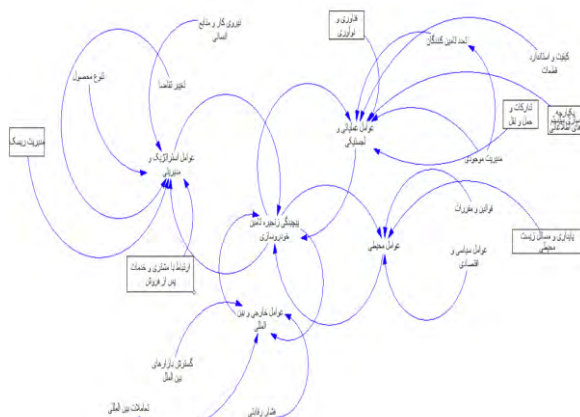
مضامین فراگیری	مضامین سازمان دهنده	مضامین پایه
پیچیدگی زنجیره تأمین	عوامل عملیاتی و لجستیکی	تعدد تأمین‌کنندگان
		کیفیت و استاندارد قطعات
		مدیریت موجودی
		تدارکات و حمل و نقل
		فناوری و نوآوری
		پیشرفت‌های تکنولوژیک در تولید
		یکپارچه‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی
	عوامل استراتژیک و مدیریتی	تغییرات تقاضا
		نیروی کار و مدیریت منابع انسانی
		تنوع محصول
		مدیریت ریسک
		ارتباط با مشتریان و خدمات پس از فروش
	عوامل محیطی و خارجی	تحول در مدل‌های کسب و کار
		قوانین و مقررات
		مسائل اقتصادی و سیاسی
		پایداری و مسائل زیست‌محیطی
		گسترش بازارهای بین‌المللی
		فشار رقابتی
		تعاملات بین‌المللی
		مدیریت موجودی

تکنولوژی اطلاعات و سیستم‌های مدیریت	مدیریت و عملیات داخلی	قابلیت زنجیره تامین
تحلیل داده و پیش‌بینی تقاضا		
مدیریت ظرفیت تولید		
پروژه‌های مهندسی و توسعه محصول		
رویه‌های بهبود مستمر		
فرهنگ سازمانی و نیروهای متخصص		
کیفیت تأمین کنندگان	ارتباطات و هماهنگی خارجی	
لجستیک و حمل و نقل		
هماهنگی و ارتباطات		
مدیریت سفارشات و خدمات مشتریان		
پایداری تأمین		
شرایط رقابتی بازار		
سیاست‌گذاری و مقررات دولتی	توسعه و پایداری	
نوآوری و فناوری		
پایداری و محیط زیست		
تجزیه و تحلیل هزینه		
مکان‌یابی تأسیسات و شبکه توزیع		
کیفیت و قابلیت اطمینان	بهینه سازی عملیاتی	مزیت رقابتی
کارایی هزینه		
سرعت و پاسخگویی		
شبکه تأمین کنندگان قوی		
نوآوری در محصول و فرآیند	نوآوری و توسعه	
سفارشی‌سازی انبوه		
فرهنگ نوآوری		
استفاده از فناوری اطلاعات		
بودجه‌ریزی دقیق	مدیریت هزینه و بودجه‌ریزی استراتژیک	
کنترل هزینه‌های عملیاتی		
صرفه‌های ناشی از مقیاس		
مدیریت جریان نقدینگی		
مدیریت هزینه و بودجه‌ریزی استراتژیک		

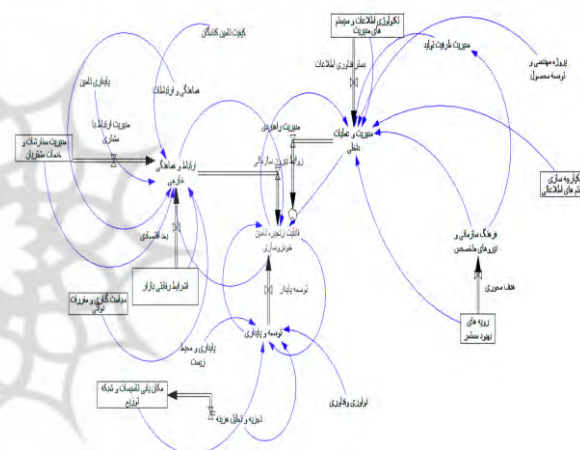
در این بخش با توجه به عوامل احصاء شده، نمودار علی- معلولی متغیرهای موجود در در هر سه بخش پیچیدگی، مزیت و عملکرد به تفکیک نمایش داده شده است:



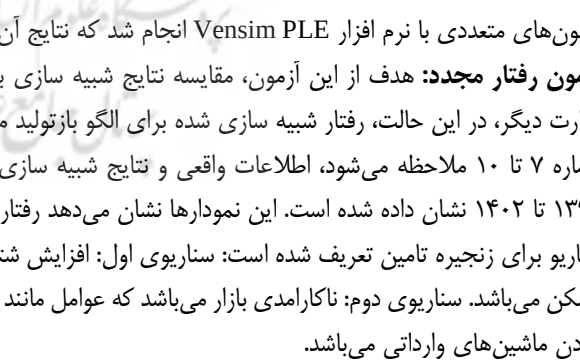
نمودار ۱. نمودار علی-معلولی مزیت رقابتی



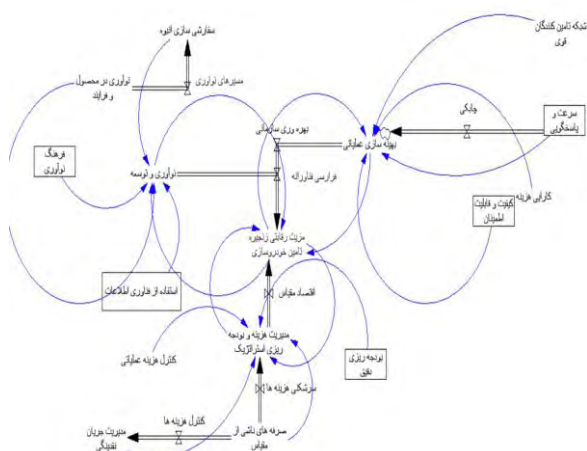
نمودار ۳. نمودار علی معلولی پیچیدگی



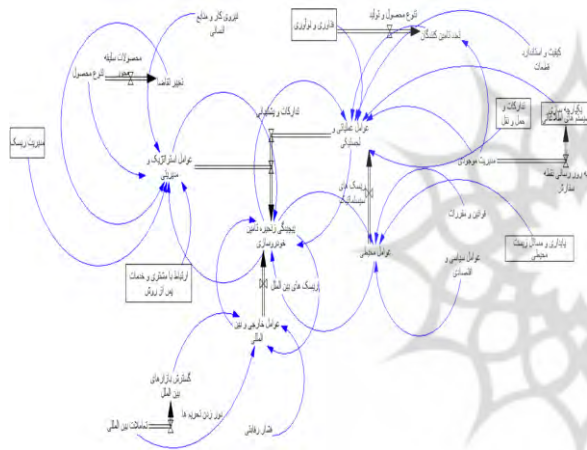
نمودار ۵. حالت-جریان قابلیت زنجیره تامین



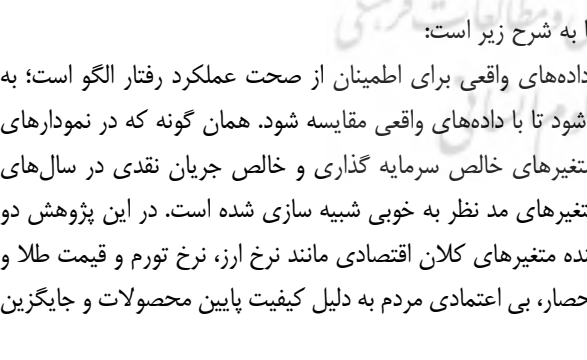
نمودار ۲. نمودار علی معلولی قابلیت زنجیره تامین



نمودار ۴. حالت-جریان مزیت رقابتی زنجیره تامین

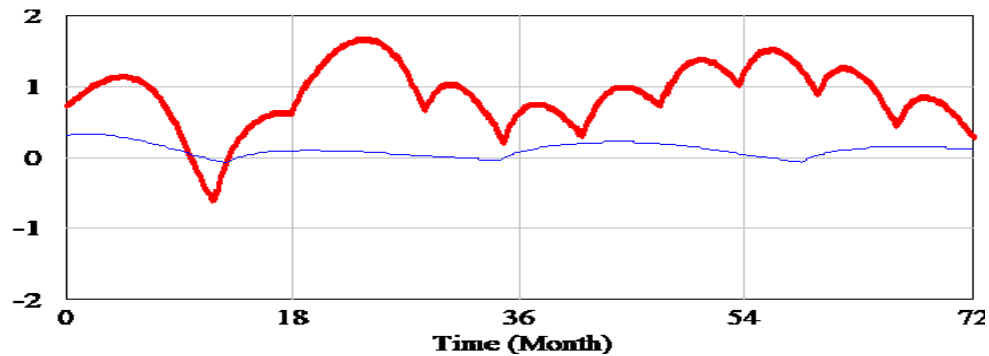


نمودار ۶. حالت-جریان پیچیدگی زنجیره تامین



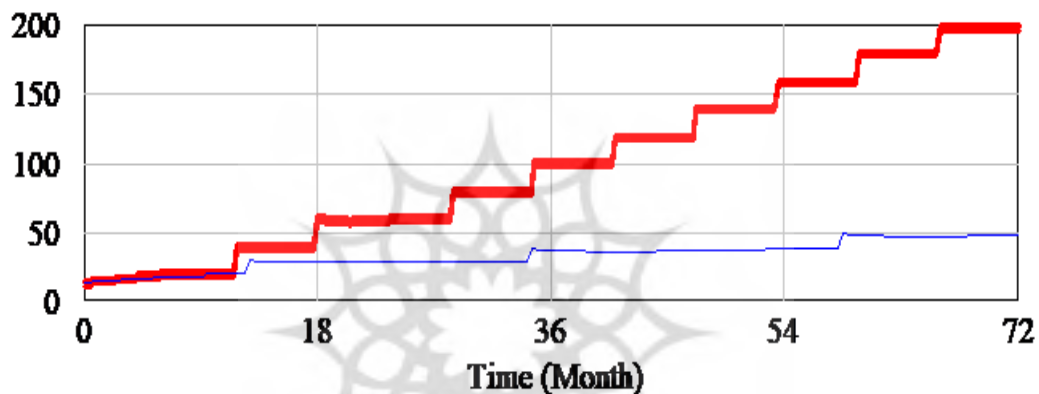
آزمون‌های متعددی با نرم افزار Vensim PLE انجام شد که نتایج آن‌ها به شرح زیر است:

آزمون رفتار مجدد: هدف از این آزمون، مقایسه نتایج شبیه سازی با داده‌های واقعی برای اطمینان از صحت عملکرد رفتار الگو است؛ به عبارت دیگر، در این حالت، رفتار شبیه سازی شده برای الگو بازتولید می‌شود تا با داده‌های واقعی مقایسه شود. همان گونه که در نمودارهای شماره ۷ تا ۱۰ مشاهده می‌شود، اطلاعات واقعی و نتایج شبیه سازی متغیرهای خالص سرمایه گذاری و خالص جریان نقدی در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۲ نشان داده شده است. این نمودارها نشان می‌دهد رفتار متغیرهای مد نظر به خوبی شبیه سازی شده است. در این پژوهش دو سناریو برای زنجیره تامین تعریف شده است: سناریوی اول: افزایش شتابنده متغیرهای کلان اقتصادی مانند نرخ ارز، نرخ تورم و قیمت طلا و مسکن می‌باشد. سناریوی دوم: ناکارآمدی بازار می‌باشد که عوامل مانند انحصار، بی اعتمادی مردم به دلیل کیفیت پایین محصولات و جایگزین کردن ماشین‌های وارداتی می‌باشد.



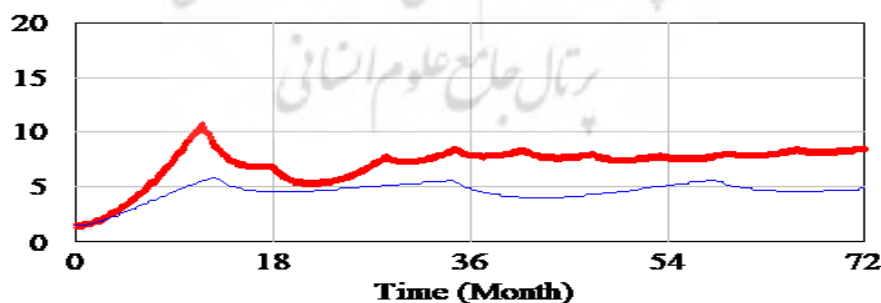
نمودار ۷. اثر دو سناریو بر مزیت رقابتی

در این نمودار تاثیر دو سناریو بر روی مزیت رقابتی زنجیره تامین، با مدل شبیه سازی شده در یک نمودار مورد بررسی قرار گرفته است و ملاحظه می گردد: هر دو سناریو تا حدودی شبیه به یکدیگر تاثیرات یکسانی را در روندسازی بلند مدت بر روی مزیت رقابتی دارند ولی سناریوی اول که عوامل اقتصادی می باشد با نوسانات بیشتری همراه است.



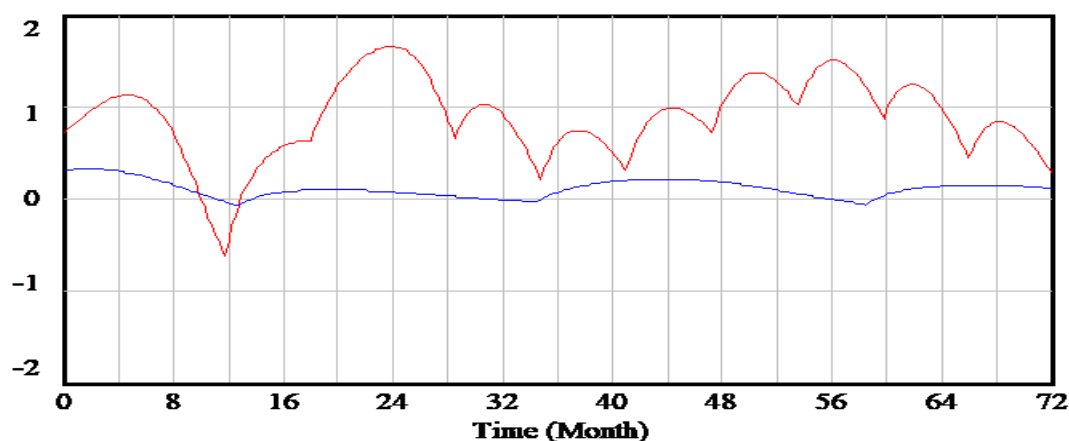
نمودار ۸. اثر دو سناریو بر پیچیدگی زنجیره تامین

در این نمودار تاثیر دو سناریو بر روی عوامل اقتصادی، با مدل شبیه سازی شده در یک نمودار مورد بررسی قرار گرفته است و ملاحظه می گردد: سناریوی اول که متغیرهای کلان اقتصادی می باشد با نوسانات بیشتری و با رشد شتابنده همراه است ولی سناریوی دوم با شیب کمتری بر روی عوامل اقتصادی تاثیر گذاشته است که شاید علت آن همبستگی ضعیف بین عوامل اقتصادی و عوامل موثر در سناریوی دوم است.



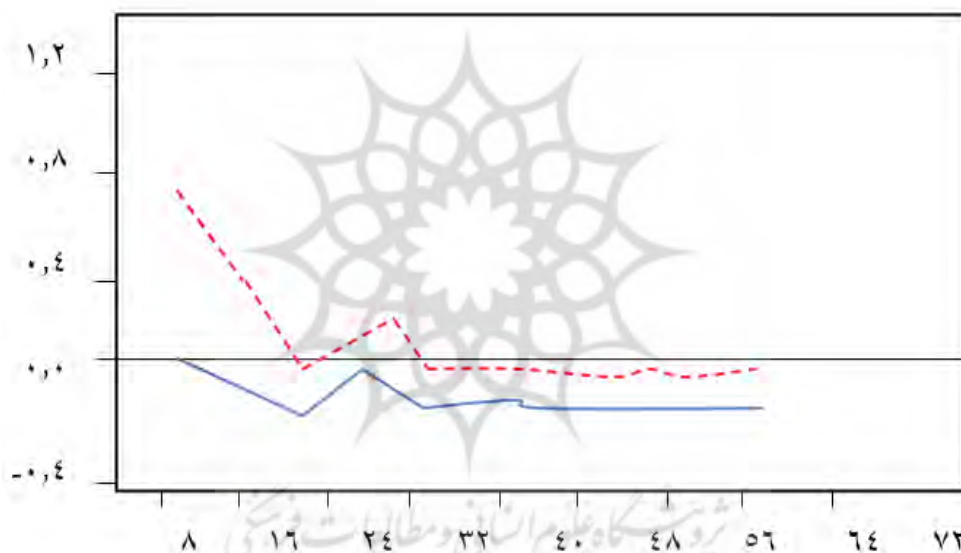
نمودار ۹. اثر دو سناریو بر عوامل قابلیت زنجیره تامین

در این نمودار تاثیر دو سناریو بر روی قابلیت زنجیره تامین، با مدل شبیه سازی شده در یک نمودار مورد بررسی قرار گرفته است و ملاحظه می گردد: هر دو سناریو تا حدودی شبیه به یکدیگر تاثیرات یکسانی را در روندسازی بلند مدت قابلیت های ایران خودرو دارند ولی سناریوی اول که عوامل اقتصادی می باشد با نوسانات بیشتری همراه است.



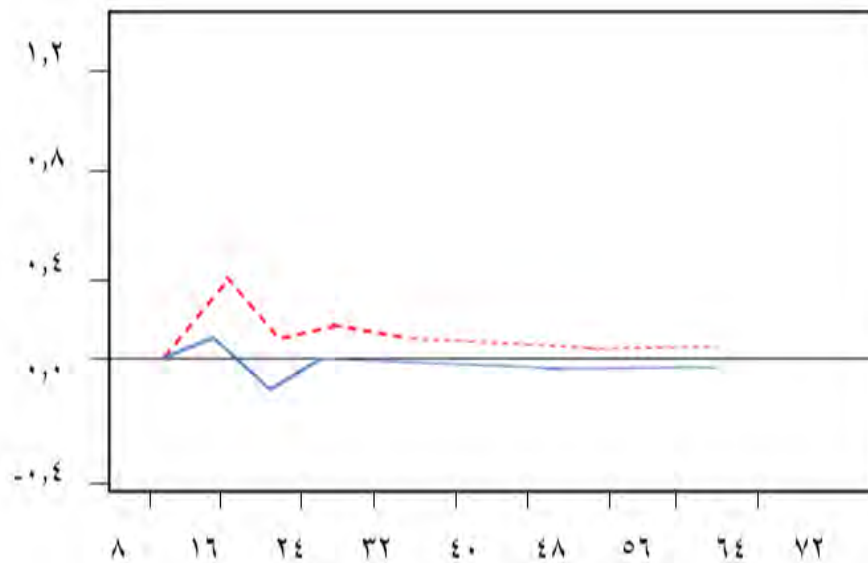
نمودار ۱۰. اثر دو سناریو بر کارایی مدیریت زنجیره تأمین

در این نمودار تاثیر دو سناریو بر روی کارایی مدیران، با مدل شبیه سازی شده در یک نمودار مورد بررسی قرار گرفته است و ملاحظه می‌گردد: سناریوی اول که عوامل اقتصادی می‌باشد با نوسانات بیشتری بر روی کارایی مدیران اثر گذاشته است و سناریوی دوم با شیب ملایم و ثابتی روند نسبتاً یکسانی در طول دوره مورد بررسی دارد.



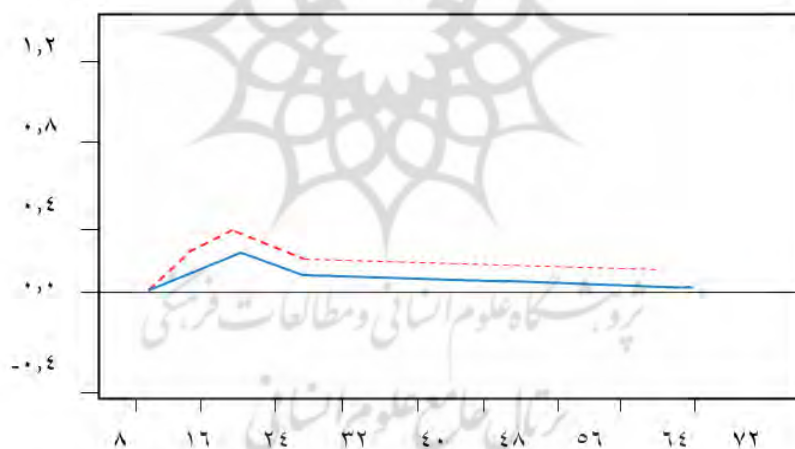
نمودار ۱۱. اثر دو سناریو بر عوامل استراتژیک و مدیریتی

اثر سناریوی اول بر عوامل مدیریتی و استراتژیکی زنجیره تأمین کاهشی است زیرا افزایش هزینه‌ها و ناپایداری اقتصادی، قدرت خرید و توانایی سرمایه‌گذاری در بهبود و توسعه زنجیره تأمین را تضعیف می‌کند و تمرکز مدیران را به جای توسعه، بر مدیریت بحران معطوف می‌سازد. اثر سناریوی ناکارآمدی بازار باعث می‌شود توان مدیریتی و استراتژیکی زنجیره تأمین کاهش یابد زیرا انحصار و بی‌اعتمادی مردم به کیفیت، تقاضا را کم کرده و فشار رقابتی از سوی خودروهای وارداتی نیاز به بهبود سریع و انعطاف‌پذیری در زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد، که مدیریت را چالش‌برانگیزتر می‌کند.



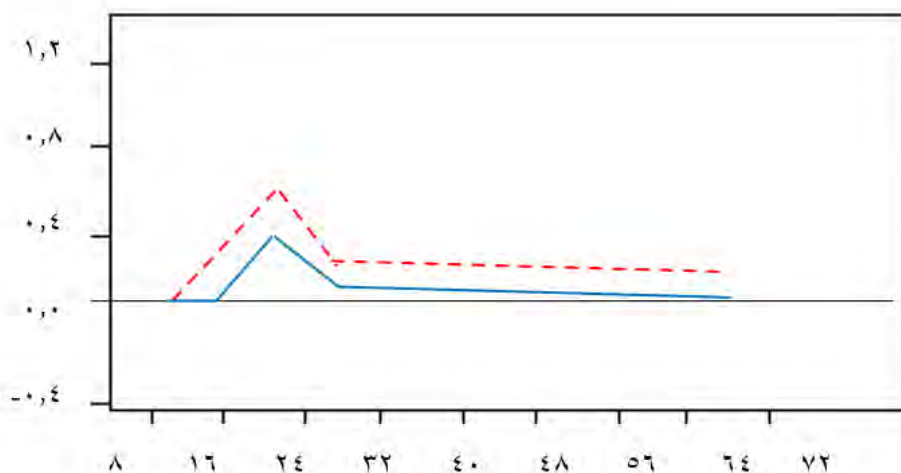
نمودار ۱۲. اثر دو سناریو بر عوامل لجستیکی و عملیاتی

سناریوی اول هزینه‌های لجستیکی و عملیاتی را افزایش داده و ناپایداری را تقویت می‌کند، که این امر منجر به کاهش کارایی، مشکلات تأمین به‌موقع و تأثیرات منفی بر هماهنگی و برنامه‌ریزی زنجیره تأمین می‌گردد. سناریوی دوم، تقاضا را کاهش می‌دهد و منجر به ناکارآمدی در عملیات لجستیکی می‌شود؛ در عین حال فشار از سوی محصولات وارداتی، نیاز به بهینه‌سازی سریع و انعطاف‌پذیری را ایجاد می‌کند که بر برنامه‌ریزی و اجرای لجستیک فشار مضاعف وارد می‌کند.



نمودار ۱۳. اثر دو سناریو بر عوامل محیطی

در سناریوی اول، افزایش شتابنده متغیرهای کلان اقتصادی مانند نرخ ارز و تورم، پایداری و پیش‌بینی‌پذیری محیطی را کاهش می‌دهد و موجب فشار بر منابع طبیعی و افزایش نیاز به تغییرات مکرر در سیاست‌های محیط‌زیستی و تأمین مواد اولیه می‌شود. در سناریوی دوم، ناکامی بازار ناشی از انحصار و اعتماد پایین مردم باعث کاهش سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پایدار و محیط‌زیستی می‌شود و واردات بیشتر به جای تولید داخلی، فشار بر قوانین و منابع زیست‌محیطی محلی را افزایش می‌دهد.



نمودار ۱۴. اثر دو سناریو بر عوامل خارجی و بین‌المللی

اثر سناریوی افزایش شتابنده متغیرهای کلان اقتصادی بر عوامل خارجی و بین‌المللی ابتدا با کاهش رقابت‌پذیری و تجارت خارجی، تعاملات را کاهش می‌دهد، اما پس از تطبیق و ایجاد تعادل جدید، این اثرات به ثبات می‌رسند. در سناریوی ناکارآمدی بازار، ابتدا باعث کاهش صادرات و تعاملات بین‌المللی می‌شود، اما با افزایش ورود محصولات وارداتی و تطبیق بازار، تعاملات خارجی به سطحی ثابت برمی‌گردد.

آزمون محاسبه میزان خطا: علاوه بر بازتولید رفتار الگو برای اطمینان از نتایج شبیه‌سازی شده، خطای متغیرهای کلیدی نیز بر اساس روش حداقل خطای مجذورات (RMSPE) و شناسایی ریشه‌های خطا قابل محاسبه است. نتایج حاصل از آزمون‌های محاسبه خطا در جدول ۳ بر حسب سناریوهای الگو نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، میزان خطا در کلیه متغیرهای مد نظر در سطح مطلوبی است.

جدول ۳. نتایج آزمون‌های آماری مربوط به اعتبارسنجی الگو

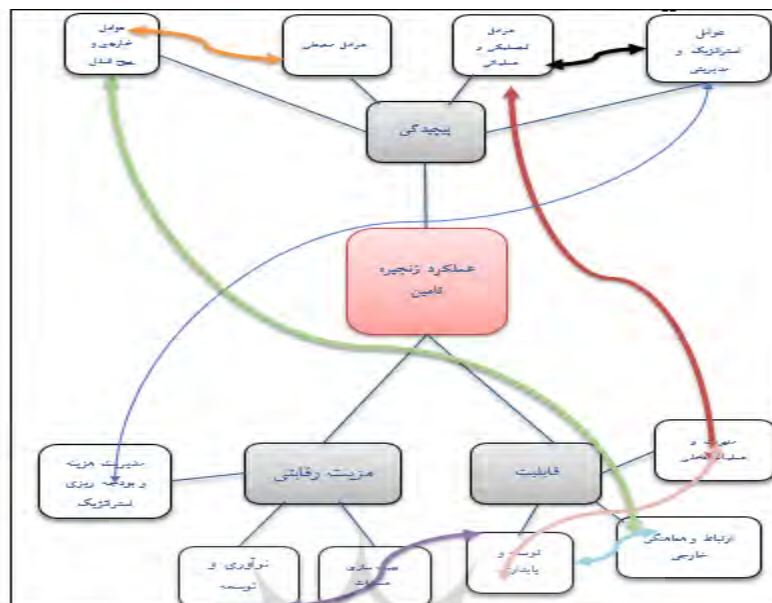
الگوهای شبیه‌سازی	RMSPE	UT	U^m	U^s	U^c	$U^c + U^s + U^m$
سناریوی اول	۰/۰۸۸۵	۰/۰۶۰۹	۰/۲۱۰۳	۰/۰۰۳۳	۰/۷۸۷۴	۱
سناریوی دوم	۰/۰۹۱۲	۰/۰۸۳۴	۰/۳۵۳	۰/۰۰۳۸	۰/۶۴۳۲	۱

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

صنعت خودروسازی به عنوان یکی از بخش‌های کلیدی اقتصاد جهانی، دارای زنجیره تأمین گسترده و چندلایه‌ای است که شامل تأمین کنندگان مواد اولیه، تولیدکنندگان قطعات و توزیع‌کنندگان نهایی می‌شود.

طبق بررسی‌های انجام شده، پیچیدگی زنجیره تأمین به عواملی دلالت دارد که سبب می‌شوند مدیریت و هماهنگی زنجیره‌های تأمین با دشواری مواجه شود. در صنعت خودروسازی، این پیچیدگی اغلب به دلیل تعدد تأمین‌کنندگان و سبک‌های مختلف تولید، تنوع بالای محصولات، و تغییرات سریع در الگوهای تقاضا به وجود می‌آید. چنین تنوع و تغییراتی مدیریت مؤثر زنجیره تأمین را چالش‌برانگیز می‌کند. حجم زیاد داده‌ها و اطلاعاتی که از بخش‌های مختلف زنجیره جمع‌آوری می‌شوند، نیاز به سیستم‌های پیشرفته تحلیل و تصمیم‌گیری دارد. علاوه بر این، نوسانات بازار و تغییرات اقتصادی مانند تغییر قیمت مواد اولیه و نرخ ارز، برنامه‌ریزی دقیق و هماهنگی مستمر را مورد نیاز قرار می‌دهد. سیاست‌ها و مقررات متنوع و متغیر در سطح محلی و بین‌المللی، مانند قوانین زیست‌محیطی و پایداری، نیز بر پیچیدگی زنجیره تأمین می‌افزایند. افزون بر این، وقوع حوادث غیرمنتظره نظیر بلایای طبیعی، مشکلات لجستیکی یا بحران‌های سیاسی نیز توانایی زنجیره تأمین برای حفظ عملکرد بهینه را تهدید می‌کند. صنعت خودروسازی به دلیل وابستگی به تعداد زیادی قطعه و تأمین‌کننده و ماهیت جهانی زنجیره

تأمین، نمونه‌ای بارز از پیچیدگی در زنجیره تأمین به شمار می‌رود. مدیریت مؤثر این پیچیدگی‌ها به برنامه‌ریزی استراتژیک، بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته و سیستم‌های اطلاعاتی قوی نیازمند است تا بتواند به بهترین نحو عملکرد کلی زنجیره را بهبود دهد. بر اساس عوامل احصاء شده در حوزه پیچیدگی، رقابت پذیری و قابلیت زنجیره تأمین در صنعت خودرو سازی مدل ذیل قابل ارائه می‌باشد.



نمودار ۱۵. مدل بهینه اندازه‌گیری پیچیدگی زنجیره تأمین

پیچیدگی زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل عملیاتی، لجستیکی، استراتژیک و محیطی قرار دارد که هر یک به نحوی خاص بر کارایی و موفقیت این زنجیره تأثیر می‌گذارند.

صنعت خودروسازی به دلیل تنوع و پیچیدگی قطعات و محصولات نیازمند همکاری با تعداد زیادی تأمین‌کننده است. مدیریت مؤثر این شبکه برای اطمینان از استانداردهای کیفی و کاهش تأخیر بسیار حیاتی است. بهینه‌سازی موجودی و لجستیک از دیگر الزامات کلیدی است که نیازمند استفاده از فناوری‌های پیشرفته و سیستم‌های اطلاعاتی یکپارچه است. بهره‌گیری از نوآوری‌ها و پیشرفت‌های تکنولوژیک در تولید و توزیع، می‌تواند کارایی زنجیره را به طور چشمگیری افزایش دهد.

در محیط پویای بازار، تغییرات تقاضا، نیروی کار متخصص و مدیریت ریسک از جمله عوامل استراتژیک هستند که به دقت و برنامه‌ریزی نیاز دارند. تنوع محصول و خدمات پس از فروش به ایجاد ارتباط قوی‌تر با مشتریان و حفظ سهم بازار کمک می‌کند. برای حفظ مزیت رقابتی، تحول در مدل‌های کسب‌وکار ضروری است و برای هماهنگی بهتر با تغییرات بازار، سیاست‌های مدیریتی باید به‌طور مداوم به‌روزرسانی شوند. قوانین و مقررات داخلی و بین‌المللی به همراه مسائل اقتصادی و سیاسی محیطی، نقش کلیدی در تعریف استراتژی‌های زنجیره تأمین دارند. چالش‌های زیست‌محیطی و نیاز به پایداری عملیات، شرکت‌ها را به سمت استفاده از روش‌های سبزتر سوق می‌دهد. گسترش بازارهای بین‌المللی، در کنار پاسخگویی به فشارهای رقابتی جهانی و تعاملات تجاری، شرکت‌ها را ترغیب می‌کند که استراتژی‌های خود را به گونه‌ای تنظیم کنند که بتوانند به سرعت با شرایط جدید تطبیق یابند. برای حفظ مزیت رقابتی، بهینه‌سازی عملیات و کاهش هزینه‌ها ضروری است. مدیریت کیفیت و رعایت استانداردها، در کنار تلاش برای پاسخگویی سریع به تقاضای مشتریان، می‌تواند جایگاه شرکت‌ها را در بازار ارتقا دهد. نوآوری و توسعه محصول و فرآیند نیز بر اهمیت زیادی دارد زیرا به شرکت‌ها اجازه می‌دهد که همواره پیشرو باشند. در نهایت، استفاده استراتژیک از فناوری‌های اطلاعاتی و بودجه‌ریزی مؤثر به مدیریت هزینه‌ها و بهره‌وری مطلوب منجر می‌شود. با در نظر گرفتن این عوامل و تدوین استراتژی‌های مناسب، شرکت‌های خودروسازی می‌توانند زنجیره تأمین خود را بهینه‌سازی کرده و از فرصت‌های بازار جهانی به بهترین شکل بهره‌مند شوند.

پیشنهادات کاربردی این پژوهش نشان می‌دهد که کاهش تعداد تأمین‌کنندگان از طریق ادغام و برقراری روابط استراتژیک و بلندمدت با تأمین‌کنندگان کلیدی می‌تواند هماهنگی و مدیریت مؤثرتر زنجیره تأمین را فراهم کند. همچنین بهینه‌سازی مدیریت موجودی با بهره‌گیری از مدل‌های پیشرفته پیش‌بینی و تحلیل تقاضا به کاهش هزینه‌های انبارداری منجر خواهد شد. در کنار آن، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای تولید محصولات نوآورانه و امکان سفارشی‌سازی، شرکت‌ها را در جذب مشتریان متنوع و ایجاد مزیت رقابتی یاری می‌کند. همکاری مؤثر بین صنعت خودروسازی و دولت در ایجاد زیرساخت‌های مناسب و تسهیل قوانین تجارت بین‌المللی، روند تولید و صادرات را تسریع

خواهد کرد. در نهایت، توجه به پایداری محیطی و پیاده‌سازی سیاست‌های دوستدار محیط زیست همچون اقتصاد چرخشی و کاهش ضایعات، می‌تواند علاوه بر ارتقای مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها، بهره‌وری و رقابت‌پذیری آن‌ها را نیز افزایش دهد. اجرای هم‌زمان این راهکارها مسیر بهبود عملکرد زنجیره تأمین و کاهش پیچیدگی‌های آن را در صنعت خودروسازی هموار می‌کند.

References

1. Ateljević, J., Kulović, D., Đoković, F., & Bavčić, M. (2023). *Business strategy and competitive advantage: A reinterpretation of Michael Porter's work*. Routledge.
2. Baker, D., Jackson, E. L., & Cook, S. (2022). Perspectives of digital agriculture in diverse types of livestock supply chain systems. Making sense of uses and benefits. *Frontiers in veterinary science*, 9, 992882.
3. Bendell, T. (2016). *Building anti-fragile organisations: Risk, opportunity and governance in a turbulent world*. Routledge.
4. Blecker, T., Kersten, W., & Meyer, C. M. (2005). Development of an approach for analyzing supply chain complexity. In *Mass customization: concepts–tools–realization. proceedings of the international mass customization meeting* (pp. 47-59).
5. Bode, C., & Wagner, S. M. (2015). Structural drivers of upstream supply chain complexity and the frequency of supply chain disruptions. *Journal of Operations Management*, 36, 215-228.
6. Bozarth, C. C., Warsing, D. P., Flynn, B. B., & Flynn, E. J. (2009). The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. *Journal of operations management*, 27(1), 78-93.
7. Chan, F. T., & Qi, H. J. (2003). An innovative performance measurement method for supply chain management. *Supply chain management: An international Journal*, 8(3), 209-223.
8. Christopher, M., & Ryals, L. J. (2014). The supply chain becomes the demand chain. *Journal of Business Logistics*, 35(1), 29-35.
9. de Leeuw, S., Grotenhuis, R., & van Goor, A. R. (2013). Assessing complexity of supply chains: evidence from wholesalers. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(8), 960-980.
10. Ebrahimi, Mehran; Jafarnejad, Ahmad; Safari, Hossein; Sadeghi Moghadam, Mohammadreza (2016). *Supply chain continuity management*. Tehran: Mehraban Publishing House.
11. Eqbalpour, Jamshid (2013). *Design and Explain the Competitiveness model with a supply chain management approach in the Automotive Industry*, MA thesis, Semnan University - Faculty of Economic Sciences.
12. Farbod, Ebrahim; Hamidieh, Alireza; and Amininia, Hootan. (2023). The effect of supply chain dynamism on financial performance using a disruption structure approach in the supply chain. *Journal of Innovation Management and Operational Strategies* 2. 100-116.
13. Farsijani, Hassan and Choupani, Mahnaz. (2023). Investigating the effect of green supply chain management on environmental performance and organizational performance with the moderating role of competitiveness (Case study: food Industry companies), Sixth International Conference on Management and Industry
14. Febransyah, A., & Camelia Goni, J. I. (2022). Measuring the supply chain competitiveness of e-commerce industry in Indonesia. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 32(2), 250-275.
15. Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. (2005). Build-to-order supply chain management: a literature review and framework for development. *Journal of operations management*, 23(5), 423-451.
16. Gunasekaran, A., Hong, P. & Fujimoto, T. (2014). Building supply chain system capabilities in the age of global complexity: Emerging theories and practices. *International Journal of Production Economics*, (147), 189-197.
17. Gunasekaran, A., Lai, K. H., & Cheng, T. E. (2008). Responsive supply chain: a competitive strategy in a networked economy. *Omega*, 36(4), 549-564.
18. Hasheminejad, Seyyed Mohammad, and Mohammadian Amiri, Ehsan. (2010). Integration and improvement of green supply chain management performance using green human resource management. *Industrial Management Studies*, 18(58), 279-306.
19. Isik, F. (2010). An entropy-based approach for measuring complexity in supply chains. *International journal of production research*, 48(12), 3681-3696.
20. Kavilal, E. G., Venkatesan, S. P., & Kumar, K. H. (2017). An integrated fuzzy approach for prioritizing supply chain complexity drivers of an Indian mining equipment manufacturer. *Resources Policy*, 51, 204-218.
21. Keaney, M. (2021). One world, no longer: the past, the present, and the future of global value chains. *National Accounting Review*, 3(1), 1-49.
22. Lie, H., Rich, K. M., Kurwijila, L. R., & Jervell, A. M. (2012). Improving smallholder livelihoods through local value chain development: a case study of goat milk yogurt in Tanzania. *International Food and Agribusiness Management Review*, 15(3), 55-85.
23. Mangan, J., & Lalwani, C. (2016). *Global logistics and supply chain management*. John Wiley & Sons.
24. Pero, M., Abdelkafi, N., Sianesi, A., & Blecker, T. (2010). A framework for the alignment of new product development and supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 15(2), 115-128.

25. Saiz, J.J.A., Bas, A.O., Radriguez, R.R. (2008). performance measurement system for enterprise networks, international journal of productivity and performance management, 56(4): 305-334.
26. Serdarasan, S. (2013). A review of supply chain complexity drivers. *Computers & Industrial Engineering*, 66(3), 533-540.
27. Serdar-Asan, S., & Tanyas, M. (2005, November). An investigation of supply chain management solutions considering supply chain complexity. In *Proceedings of the 3rd International Logistics and Supply Chain Congress* (pp. 23-24).
28. Shahbandarzadeh, H., & Kabgani, M. H. (2017). Green supply chain management analysis of the risks involved in using mathematical modeling. *Iranian Journal of Trade Studies*, 21(82), 1-32.
29. Sivadasan, S., Efstathiou, J., Calinescu, A., & Huatuco, L. D. H. (2004). Supply chain complexity. In *Understanding supply chains* (pp. 133-163). Oxford University Press.
30. Tseng, M. L., Bui, T. D., Lim, M. K., & Lewi, S. (2021). A cause and effect model for digital sustainable supply chain competitiveness under uncertainties: enhancing digital platform. *Sustainability*, 13(18), 10150.
31. Vahhabi Hamabadi, Elahe and Jaffrey, Azizaleh.(2022) Analysis of the value chain and production in the supply chain of the carpet Industry with a systems dynamics approach, International Conference on Dynamics and Systems Thinking, Tehran
32. Zitzmann, I. (2014). How to cope with uncertainty in supply chains?-conceptual framework for agility, robustness, resilience, continuity and anti-fragility in supply chains. In *Next Generation Supply Chains: Trends and Opportunities. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, Vol. 18 (pp. 361-377). Berlin: epubli GmbH.

