Industrial Management Journal
Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

Presenting Smart Steel Pricing Model: An Integration of Game Theory and Machine Learning Algorithms

Mina Kazemian
Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: mina.kazemian@srbiau.ac.ir

Mohamad Ali Afshar Kazemi *
*Corresponding Author, Associate Prof., Department of Management, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: m_afsharkazemi@iauec.ac.ir

Kiamars Fathi Hafshejani
Assistant Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: fathi@azad.ac.ir

Mohamad Reza Motadel
Assistant Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: dr.motadel@gmail.com

Abstract

Objective

Supply chain management is a modern organizational management mode that organizes and plans information, capital flow, and business partnerships in the supply chain and requires complete business and market information (Quinn et al., 2012). However, the cost of acquiring supply chain companies and product information by traditional methods is very high. Information technology provides the power for companies to implement supply chain management and share the supply chain easily, and all companies in the supply chain can create value through information management (Shawaki et al., 2023). The utilization of intelligent approaches to predict prices and demand quantities enhances supplier delivery performance. It also refines demand forecasting accuracy, improves factory planning precision, forecasts demand for new products, and minimizes supplier risks, transportation costs, inventory, operational expenses, and time (Tirklai et al., 2021). In supply chain management, accurate forecasting of demand reflects the price. It is a critical issue that can reduce inventory costs and achieve the desired service level (Zouqaq et al., 2020). Intelligent supply chain pricing approaches can help supply chain companies to adapt the quality of their product offerings in supply chain management according to the knowledge gained (Kotsiopoulos et al., 2021). Identifying and modeling steel market fluctuations is very important in the steel industry and supply chain management. Considering the vertical chain in this industry and the interaction between the players of this industry, game theory has been used to model the optimal price. Neural network models were employed to replicate the game, as interaction and repeated

gameplay are required for achieving balance among players. Taking into account Iran's unique circumstances, notably its confrontations with substantial sanctions in the metal industry, the sanctions variable was integrated as an adjusting factor in the pricing model for this sector.

Methods

This is a practical study. The research time frame for predicting steel prices and calculating the sanctions index spans from 2011 to 2020, with quarterly data. The MATLAB software was used.

Results

Three Bayesian neural networks, support vectors, and Grassberg's anti-diffusion were used to predict the price of steel. The results showed that the Grossberg anti-diffusion model is more accurate in predicting steel prices. Next, the predicted price entered the game theory process and the Nash equilibrium point of the model was determined. According to the country's specific conditions, the sanctions variable was introduced in the game theory model. The results showed that the inclusion of sanctions in the model led to price increases and production reductions within the steel industry. The present study delved into price fluctuations resulting from shifts in supply and demand, particularly in the context of sanctions. The findings reveal that a reduction in supply coupled with escalated sanctions led to substantial price hikes, surpassing the impact of supply changes. Consequently, steel exhibits a heightened susceptibility to input constraints, where any disruption in its supply chain triggers significant price spikes, thus unsettling the market. This amplifies the sensitivity of supply chain management for steel. Consequently, a systemic and dynamic approach is essential for market regulation policies, raw material supply, transportation strategies, and warehousing considerations. It should be noted that the use of intelligent approaches and machine learning can play a significant role in coordinating such issues.

Conclusion

Considering that Stackelberg's approach was used in the current research, the sequence of players' entry into the game holds significance with respect to the Nash equilibrium. The development of market entry monitoring rules and regulations in this industry should be investigated because the steel industry is one of the industries that face high entry and exit costs. As a result, Policymakers and industry managers should monitor the entry and exit of players within this sector. They should endeavor to establish norms and regulations governing interactions among market participants to foster a structured and well-defined competitive environment.

Keywords: Game theory, Optimal price, Neural network, Steel industry.

Citation: Kazemian, Mina; Afshar Kazemi, Mohamad Ali, Fathi Hafshejani, Kiamars & Motadel, Mohamad Reza (2023). Presenting Smart Steel Pricing Model: An Integration of Game Theory and Machine Learning Algorithms. *Industrial Management Journal*, 15(3), 478- 507. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2023, Vol. 15, No 3, pp. 478- 507
Published by University of Tehran, Faculty of Management
https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.356697.1008039
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: March 13, 2023
Received in revised form: June 10, 2023
Accepted: July 06, 2023
Published online: October 21, 2023

مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

ارائه مدل هوشمند تعیین قیمت فولاد با رویکرد ترکیبی نظریه بازی‌ها و الگوریتم‌های یادگیری ماشین

مینا کاظمیان
دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: mina.kazemian@srbiau.ac.ir

محمدعلی افشارکاظمی*
* نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: m_afsharkazemi@iauec.ac.ir

کیامرث فتحی هفشجانی
استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: fathi@azad.ac.ir

محمدرضا معتدل
استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: dr.motadel@gmail.com

چکیده

هدف: مدیریت زنجیره تأمین نوعی مدیریت سازمانی مدرن است که جریان اطلاعات، جریان سرمایه و مشارکت‌های تجاری را در زنجیره تأمین سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی می‌کند و به اطلاعات کامل تجاری و بازار نیاز دارد (کویین و همکاران، ۲۰۱۲)؛ با این حال، هزینه به‌دست‌آوردن شرکت‌های زنجیره تأمین و اطلاعات محصول با روش‌های سنتی، بسیار سنگین است. فناوری اطلاعات نیرویی را برای شرکت‌ها فراهم می‌کند تا مدیریت زنجیره تأمین را پیاده‌سازی کنند و زنجیره تأمین را به‌راحتی به اشتراک بگذارند. همه شرکت‌ها در زنجیره تأمین، می‌توانند از طریق مدیریت اطلاعات ارزش ایجاد کنند (حسین نیاشاواکی و همکاران، ۲۰۲۳). استفاده از رویکردهای هوشمند برای پیش‌بینی قیمت و میزان تقاضا، عملکرد تحویل تأمین‌کننده، دقت پیش‌بینی تقاضا، افزایش دقت برنامه‌ریزی کارخانه و پیش‌بینی تقاضا برای محصولات جدید را بهبود می‌دهد و باعث می‌شود که ریسک تأمین‌کننده، هزینه حمل‌ونقل، هزینه‌های موجودی و عملیات و زمان پاسخ‌گویی کاهش یابد (تیرکلایی و همکاران، ۲۰۲۱). در مدیریت زنجیره تأمین، پیش‌بینی دقیق تقاضا که از قیمت تبعیت می‌کند، موضوعی حیاتی است که می‌تواند هزینه موجودی را کاهش دهد و سطح خدمات مطلوب را به‌دست آورد (زوقاق و همکاران، ۲۰۲۰). رویکردهای هوشمند قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین، به شرکت‌های زنجیره تأمین کمک می‌کند تا با توجه به دانش به‌دست‌آمده، کیفیت نحوه ارائه محصول خود را در مدیریت زنجیره تأمین تطبیق دهند (کوتسیوپولوس و همکاران، ۲۰۲۱). در صنعت فولاد و مدیریت زنجیره تأمین، شناسایی و مدل‌سازی نوسان‌های بازار فولاد بسیار مهم است. با توجه به زنجیره عمودی در این صنعت و تعامل مابین بازیکنان این صنعت، از نظریه بازی برای مدل‌سازی قیمت بهینه بهره برده شده است. از طرفی با توجه به اینکه برای رسیدن به تعادل، به تعامل بازیکنان و تکرار بازی نیاز است، از مدل‌های شبکه

عصبی برای تکرار بازی استفاده شده است. در ادامه با توجه به شرایط خاص کشور در خصوص تحریم‌های شدید در صنعت فلزات، متغیر تحریم به‌عنوان عامل تعدیل در مدل‌سازی قیمت این صنعت در نظر گرفته شده است.

روش: پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی است. بازه زمانی پژوهش برای پیش‌بینی قیمت فولاد و محاسبه شاخص تحریم، داده‌های فصلی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ بوده است. نرم‌افزار استفاده‌شده در این پژوهش، نرم‌افزار متلب است.

یافته‌ها: برای پیش‌بینی قیمت فولاد، از سه شبکه عصبی بیزین، بردارهای پشتیبان و پاد انتشار گراسبرگ بهره گرفته شد. نتایج بیانگر این واقعیت است که مدل پاد انتشار گراسبرگ، در پیش‌بینی قیمت فولاد دقت بیشتری دارد. در ادامه، قیمت پیش‌بینی‌شده وارد فرایند نظریه بازی‌ها شد و نقطه تعادل نش مدل تعیین شد. با توجه به شرایط خاص کشور، متغیر تحریم در مدل نظریه بازی‌ها وارد شد. نتایج نشان داد که حضور تحریم‌ها در مدل، باعث افزایش قیمت‌ها و کاهش تولید در صنعت فولاد شده است. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر، تغییرات قیمت ناشی از تغییرات عرضه و تقاضا، در حضور تحریم‌ها بررسی شد، به‌علت کاهش عرضه و افزایش سطح تحریم، سطح قیمت‌ها با رشد فزاینده‌ای نسبت به تغییرات عرضه مواجه شد؛ در نتیجه می‌توان گفت که فولاد یک نهاده کم‌کشش است. این امر موجب می‌شود که هر گونه اخلال در زنجیره تأمین فولاد، افزایش شدید قیمت این کالا و تلاطم در بازار آن را در پی داشته باشد. در نتیجه، این امر حساسیت مدیریت زنجیره تأمین در محصول فولاد را دوچندان می‌کند. بر این اساس، لازم است که از دیدگاهی سیستمی و پویا در سیاست‌های تنظیم بازار، سیاست‌های تأمین مواد اولیه و حمل‌ونقل، انبارداری و... بهره‌گیری شود. باید توجه شود که استفاده از رویکردهای هوشمند و یادگیری ماشینی، در راستای هماهنگ‌سازی این امور نقش بسزایی را ایفا می‌کند.

نتیجه‌گیری: با توجه به اینکه در پژوهش حاضر از رویکرد استکلبرگ استفاده شده است، نتایج به‌ترتیب ورود بازیکنان به بازی، بر تعادل نش حساس است. تدوین قوانین و مقررات نظارت ورود به بازار در این صنعت باید بررسی شود؛ زیرا صنعت فولاد جزء صنایعی است که هزینه‌های ورود و خروج سنگینی دارد. با توجه به نتایج پژوهش، بایستی نظارت بر ورود و خروج بازیکنان در این صنعت، در کانون توجه سیاست‌گذاران و مدیران این صنعت قرار گیرد و تلاش شود که قواعد بازی و استانداردهایی برای فعالان این بازار تدوین شود.

کلیدواژه‌ها: شبکه عصبی، صنعت فولاد، قیمت بهینه، نظریه بازی‌ها.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد: کاظمیان، مینا؛ افشارکاظمی، محمدعلی؛ فتحی هفشجانی، کیامرث و معتدل، محمدرضا (۱۴۰۲). ارائه مدل هوشمند تعیین قیمت فولاد با رویکرد ترکیبی نظریه بازی‌ها و الگوریتم‌های یادگیری ماشین. *مدیریت صنعتی*، ۱۵(۳)، ۴۷۸- ۵۰۷.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۲، دوره ۱۵، شماره ۳، صص. ۴۷۸- ۵۰۷
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۲۹
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.356697.1008039

مقدمه

امروزه استفاده از نظریه بازی‌ها در زمینه مدیریت زنجیرهٔ تأمین بسیار مرسوم است. از نظریه بازی‌ها نه تنها برای قیمت‌گذاری کالاها در زنجیرهٔ تأمین، بلکه در مباحث مربوط به تبلیغات و بررسی تعامل اعضای زنجیرهٔ تأمین استفاده می‌شود (قوامی‌فر، ماکویی تالی‌زاده[1]، ۲۰۱۸). با توجه به این موضوع، یکی از دلایل استفاده روزافزون از مفاهیم نظریه بازی‌ها در تحقیقات را می‌توان وجود چند عامل (چند بازیکن)، در مسائل عنوان کرد که نزدیک‌تر شدن هر چه بیشتر پژوهش‌ها به واقعیت را به‌دنبال خواهد داشت (دو، فن و یان[2]، ۲۰۱۸). مدل‌های ارائه شده با استفاده از نظریه بازی در حوزه زنجیرهٔ تأمین، به بررسی تعامل بین اعضای آن زنجیره می‌پردازد. این تعامل می‌تواند از نوع همکاری یا رقابت باشد. اهداف متعارض اعضای یک زنجیرهٔ تأمین یا زنجیره‌های تأمین و تصمیم‌گیری مستقل هریک از اعضای آن باعث خواهد شد که هریک از اعضا در راستای بیشینه‌سازی سود خود حرکت کنند (ما، ژنگ، دانگ و تو[3]، ۲۰۲۰). این رفتار باعث خواهد شد که مجموع سود زنجیرهٔ تأمین یا سیستم کاهش یابد. به همین دلیل مدل‌های ارائه شده در حوزه مدیریت زنجیرهٔ تأمین، بیشتر بر همکاری‌های ممکن بین اعضای زنجیره تأکید دارند. امروزه رقابت در کارخانه‌های انفرادی و مستقل به رقابت در بین زنجیره‌های تأمین تغییر یافته است (دوری و همکاران، ۲۰۱۹).

تصمیم‌گیری به دو شکل متمرکز و غیرمتمرکز در زنجیرهٔ تأمین صورت می‌گیرد. در زنجیرهٔ تأمین متمرکز، تصمیم‌گیرنده‌ای مشخص، برای تمامی اعضا تصمیم‌گیری می‌کند؛ بنابراین اعضای زنجیره به‌دنبال سیاست اتخاذ شده بایکدیگر در تعامل‌اند. برای حل مدل‌های زنجیرهٔ تأمین در حالت متمرکز، استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مناسب‌ترین راه‌حل است (طالعی‌زاده، اخوان نیاکی و ویی[4]، ۲۰۱۳)؛ اما از آنجا که بنگاه‌های اقتصادی مستقل و مجزا تشکیل‌دهنده زنجیرهٔ تأمین هستند، اعضا تمایلی به هم‌سو بودن با تصمیمات اتخاذ شده با وجود منافع پیش رو در تصمیم‌گیری یکپارچه را ندارند؛ از این رو برای رسیدن به هدف کل، برای رسیدن به اهداف خود تلاش می‌کنند (جیانوکارو و پونتراندولفو[5]، ۲۰۰۴)؛ بنا به موارد فوق، زنجیرهٔ تأمین غیرمتمرکز مدلی نسبتاً واقعی‌تر و عملی‌تر در امور دنیای واقعی است. از استراتژی‌های توزیع و فروش محصولات، می‌توان به فروش چندجانبه و انحصاری اشاره کرد که زیرمجموعه‌ای از مدیریت زنجیرهٔ تأمین هستند و به‌طور معمول تولیدکنندگان و خرده فروشان از آن در شرایط مشخص استفاده می‌کنند (نویدی و رحیمی، ۱۳۹۲).

رقابت و همکاری میان اعضای زنجیرهٔ تأمین، از عناوین چشمگیر در مدیریت زنجیرهٔ تأمین است و در این راستا استفاده از تئوری بازی‌ها در بررسی مسائل زنجیرهٔ تأمین، مؤثر است (نعیمی‌صدیق و همکاران، ۱۳۹۱). برای تحلیل وضعیت عملکرد زنجیرهٔ تأمین، می‌توان از تئوری بازی‌ها بهره گرفت، بدین معنا که عملکرد زنجیره بر خروجی بازی تأثیرگذار است؛ اما تعیین‌کننده نیست (شفیعی و فرح گل، ۱۳۹۸). به‌علت وجود متغیرهای فراوان ریسک‌پذیر و حضور رقبای فراوان در کشورهای در حال توسعه، برای سرمایه‌گذاری بهینه در این کشورها، نیازمندیم که از روش‌هایی نظیر

1. Ghavamifar, Makui & Taleizadeh
2. Du, Fan, & Yan
3. Ma, Zhang, Dong & Tu
4. Talaeizadeh, Akhavan Niaki & Wee
5. Giannoccaro & Pontrandolfoo

تئوری بازی استفاده کنیم؛ زیرا این روش با در نظرگرفتن عوامل زنجیرهٔ تأمین و رفتار این عوامل، به‌دنبال تعادل بین آن‌ها و همچنین رضایتمندی مشتری است (متین فر، آزادی پرند و لونی، ۱۳۹۸).

مدیریت زنجیرهٔ تأمین یک حالت مدیریت سازمانی مدرن است که جریان اطلاعات، جریان سرمایه و مشارکت‌های تجاری را در زنجیرهٔ تأمین را سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی می‌کند و به اطلاعات کامل تجاری و بازار نیاز دارد (کین و ژین[1]، ۲۰۱۲). با این حال، هزینه به‌دست آوردن شرکت‌های زنجیرهٔ تأمین و اطلاعات محصول با روش‌های سنتی بسیار گزاف است. فناوری اطلاعات نیرویی را برای شرکت‌ها فراهم می‌کند تا مدیریت زنجیرهٔ تأمین را پیاده‌سازی کنند و زنجیرهٔ تأمین را به‌راحتی به اشتراک بگذارند و همه شرکت‌ها در زنجیرهٔ تأمین، می‌توانند از طریق مدیریت اطلاعات ارزش ایجاد کنند (حسین‌نیا شاواکی و ابراهیمی قهنویه، ۱۴۰۲). استفاده از رویکردهای هوشمند برای پیش‌بینی قیمت و میزان تقاضا، موجب بهبود عملکرد تحویل تأمین‌کننده، دقت پیش‌بینی تقاضا، افزایش دقت برنامه‌ریزی کارخانه، پیش‌بینی تقاضا برای محصولات جدید و همچنین به حداقل رساندن ریسک تأمین‌کننده، هزینه حمل‌ونقل، هزینه‌های موجودی و عملیات و زمان پاسخ‌گویی شود (تیرکلایی و همکاران[2]، ۲۰۲۱).

در مدیریت زنجیرهٔ تأمین، پیش‌بینی دقیق تقاضا که از قیمت تبعیت می‌کند، موضوعی حیاتی است که می‌تواند هزینه موجودی را کاهش دهد و سطح خدمات مطلوب را به‌دست آورد (زوقاق، چارکاویی و اچاتبی[3]، ۲۰۲۰). رویکردهای هوشمند قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین می‌تواند به شرکت‌های زنجیرهٔ تأمین کمک کند تا با توجه به دانش به‌دست آمده، کیفیت نحوهٔ ارائه محصول خود را در مدیریت زنجیرهٔ تأمین تطبیق دهند (کوتسیوپولوس، ساریگیانیدیس، یوآنیدیس و تزوواراس[4]، ۲۰۲۱).

صنعت فولاد به‌عنوان صنعت مادر، از جایگاه ویژه‌ای در اکثر کشورها برخوردار است. مطالعات نشان می‌دهد که ارتباط قوی بین مصرف فولاد و تولید ناخالص داخلی وجود دارد. ارتباط نزدیک میان مصرف فولاد و میزان توسعه‌یافتگی، اهمیت این محصول را در زیربنای اقتصاد کشورها آشکار می‌سازد و در این‌جاست که پیش‌بینی دقیق از قیمت این محصول، در آینده ارزش و اهمیت زیادی پیدا می‌کند.

فقدان مدیریت زنجیرهٔ تأمین صنعت فولاد را با مشکلات جدی همچون نوسان و تفاوت شدید قیمت در نواحی مختلف، عدم تحویل به‌موقع مواجه کرده است. بر این اساس، مسئله پژوهش حاضر، تعیین قیمت بهینه با سیستم تصمیم‌گیری هوشمند با استفاده از رویکرد نظریه بازی‌ها (صنعت فولاد)، در حالت حضور و عدم حضور متغیر تحریم است. پس از مقدمه که شرحی بر آن گذشت، در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه پژوهش مورد بررسی قرار خواهدگرفت. در بخش سوم روش پژوهش؛ در بخش چهارم برآورد مدل و در نهایت در بخش پنجم اقدام به جمع‌بندی و ارائه پیشنهادهای سیاستی ارائه شده است.

1.Qin Y, Xin X
2. Tirkolaee et al.
3. Zougagh, Charkaoui, Echatbi
4. Kotsiopoulos, Sarigiannidis, Ioannidis & Tzovaras

پیشینه پژوهش

نظریه بازی‌ها و زنجیرهٔ تأمین

همکاری در زنجیرهٔ تأمین (SC) یک استراتژی مشارکتی است که در آن یک یا چند شرکت یا واحد تجاری منافع متقابل ایجاد می‌کنند (آباپور، محمدی و حق[۱]، ۲۰۲۰). این استراتژی پارادایم سنتی چانه زنی مبتنی بر پایین‌ترین قیمت ممکن برای افزایش سود را به پارادایم جدیدی تغییر داده است که در آن راه‌حل‌های یکپارچه‌ای که بیشتر روی یک محصول استاندارد برای مشتریان نهایی متمرکز است، در نظرگرفته می‌شود (عبدالاوی، واکر و وو[۲]، ۲۰۲۰). در همکاری، قرارداد جمعی بین شرکای تجاری شکل گرفته است (امین و همکاران[۳]، ۲۰۲۰) که بر اساس آن اطلاعات به اشتراک گذاشته می‌شود (اگرون، گناسکاران و اسپالانزانی[۴]، ۲۰۱۲) و برای رسیدن به مجموعه‌ای از اهداف مشترک و جمعی با یکدیگر همکاری می‌کنند (انصاری و کانت[۵]، ۲۰۱۷).

همکاری روش مناسبی است برای زمانی که شرکای SC با فرصت‌هایا مسائلی مواجه می‌شوند که حل آن‌ها به‌صورت فردی دشوار یا پیچیده است و به تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مشترک نیاز دارند (آباپور و همکاران ، ۲۰۲۰). همکاری می‌تواند برای شرکای تجاری‌ای سومند باشد که با مشکلات یا فرصت‌های پیچیده و وابسته به‌یکدیگر روبه‌رو هستند. حل مسائل بسیار پیچیده دشوار است و نیاز به تلاش زیادی دارد (رضوانی، عموزاد مهریجی، عباسیان و مهرگان[۶]، ۲۰۲۳). فرصت‌ها و مسائل وابسته به هم، آن دسته از فرصت‌ها و مسائلی هستند که به سایر شرکت‌ها بستگی دارد تا با بهره‌برداری از آن‌ها به‌طور مؤثر حل شوند (وو، وانگ و ژنگ[۷]، ۲۰۲۱). این زمانی است که دانش یا مهارت‌های شرکت‌های دیگر مورد نیاز است (امین و همکاران، ۲۰۲۰). مزایای همکاری بین سازمانی شامل صرفه‌جویی در مقیاس، دسترسی به منابع خاص، به اشتراک‌گذاری هزینه و ریسک، یادگیری و انعطاف‌پذیری است (اگرون و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طور کلی، سطح همکاری در SC بین شرکا تحت تأثیر عوامل مختلفی است. از یک منظر می‌توان این عوامل را در دو دسته کلی عوامل درون سازمانی و درون سازمانی قرار داد (انصاری و کانت، ۲۰۱۷). همکاری در SC موضوع حیاتی است که مدیران و محققان به آن توجه دارند. عامل اصلی اهمیت و توجه به این موضوع، تغییر شرایط در محیط کسب‌وکار و بازارهای مصرف است (آباپور و همکاران، ۲۰۲۰). امروزه شرایط محیط کسب‌وکار با ویژگی‌هایی مانند تغییر سریع فناوری (عبدالاوی و همکاران، ۲۰۲۰)، چرخه‌های عمر کوتاه محصول (امین و همکاران، ۲۰۲۰)، تغییرات در عرضه و تقاضا (انصاری و کانت، ۲۰۱۷)، پیش‌بینی‌ناپذیری نیازهای مشتری (بای و سرکیس[۸]، ۲۰۱۰) و افزایش تقاضا برای محصولات شخصی‌سازی شده (براندنبورگ، گووندان، سرکیس و سیورینگ[۹]، ۲۰۱۴) همراه است.

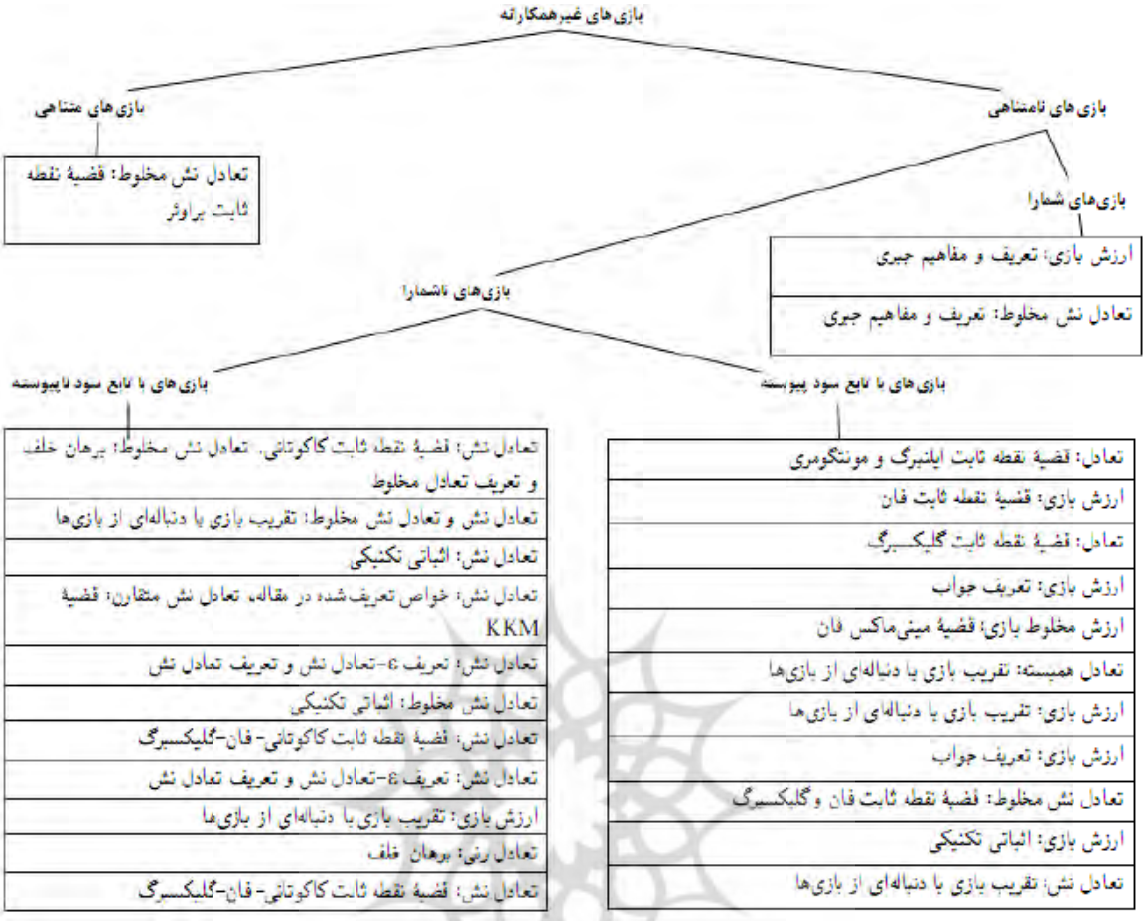
1. Abapour, Mohammadi-Ivatloo & Hagh
2. Abdellaoui, Waker, Wu
3. Amin et al.
4. Argeron,Gunasekaran,Spalanzani
5. Ansari & Kant
6. Rezvani, Amoozad Mahdiraji, Abbasian & Mehregan
7. Wu,Wang,Zeng
8. Bai & Sarkis
9. Brandenburg, Govindan, Sarkis & Seuring

عامل حیاتی دیگر انتقال رقابت از شرکت‌ها به SC است. اکنون، شرکت‌های منفرد بایکدیگر رقابت نمی‌کنند؛ اما SCها در حال رقابت هستند (چن، کای و سانگ[1]، ۲۰۱۹). در این محیط متلاطم و متغیر که آمیخته‌ای از همهٔ ابهام‌ها و اغتشاش‌هاست، رقابت روزبه‌روز در حال افزایش است. از این رو، شرکت‌ها به توانایی و قابلیت‌هایی برای سازگاری مؤثر و کارآمد با این تغییرات و حفظ و بهبود مزیت رقابتی خود نیاز دارند (دی بوئر، استیمن و ون برگن[2]، ۲۰۱۵). برای دستیابی به مزیت رقابتی و کارایی عملیاتی، اعضای SC باید بتوانند به‌سرعت توانایی‌های مشترک خود را برای پاسخ‌گویی به تغییرات عرضه و تقاضا هماهنگ کنند (رضوانی و همکاران، ۲۰۲۳).

نظریه بازی به‌دلیل پتانسیلی که در ایجاد مدل‌های رفتاری دارد، ابزاری است که در تصمیم‌گیری در زنجیرهٔ تأمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، دستاوردهای تا کنون بر جنبه‌های ریاضی متمرکز شده است (رزچیکی[3]، ۲۰۲۲). بر این اساس یکی از مفاهیم قابل استفاده در زمینه بهینه‌سازی، استفاده از نظریه بازی‌هاست؛ چراکه در نظریه بازی‌ها با استفاده از مدل‌های ریاضی، به تحلیل روش‌های همکاری‌یا رقابت موجودیت‌های منطقی و هوشمند پرداخته می‌شود. هریک از موجودیت‌ها در نظریه بازی‌ها، درصدد حداکثر کردن منافع خود است و خروجی نهایی باید تعادلی بین منافع تمام موجودیت‌ها باشد. پس در خروجی نهایی، همه موجودیت‌ها حداکثر منفعت در دسترس خود را خواهند داشت و در نتیجه باعث انتخاب بهترین گزینه برای همه موجودیت‌ها خواهد شد و در نهایت مفهوم بهینه‌سازی پدیدار می‌شود. پژوهش‌های زیادی از نظریه بازی‌ها برای بهینه‌سازی پارامترها و مدل‌های مختلف بهره گرفته‌اند (حقی و همکاران، ۲۰۲۰ ؛گروبا، سارتال و برگانتینو[4]، ۲۰۲۰؛ توفیقی، مهرگان و جعفرنژاد[5]، ۲۰۲۰؛ سیمون بیائو و همکاران[6]، ۲۰۲۰؛ الوارز، گومز روآ و ویدال پوگا[7]، ۲۰۱۹؛ هیلر[8]، ۲۰۱۹؛ حسینی و همکاران، ۲۰۱۹؛ امر، تسوتسکاس، هاوس، فرانکو و میهایلووا[9]، ۲۰۱۷). در تئوری بازی‌ها، تعادل نش راه‌حلی از نظریه بازی است که شامل دو یا چند بازیکن می‌شود. در این راه‌حل فرض بر آگاهی هر بازیکن به راهبرد تعادل بازیکنان دیگر است، بدون وجود هیچ بازیکنی که فقط برای کسب سود خودش با تغییر راهبرد یک‌جانبه عمل کند. یک بازی می‌تواند یا راهبرد محض یا تعادل نش ترکیبی باشد. در تعریف اخیر راهبردی محض آن است که به‌صورت تصادفی با فراوانی ثابت انتخاب شده است (گروبا و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از چالش‌های اصلی در بازی‌های غیرهمکارانه (و نیز بازی‌های همکارانه)، اثبات وجود راه‌کار پاسخ است. با توجه به اینکه تمامی زنجیره فولاد در اختیار یک مدیریت واحد نیست، نوع بازی از نوع غیرهمکارانه است. با توجه به اینکه از رویکرد نظریه بازی تکاملی بهره گرفته می‌شود با بازی‌های نامتناهی در دسته تعادل هم‌بسته و تقریب بازی با دنباله‌ای از بازی‌ها مواجهیم. با توجه به اینکه از توابع جبری برای رسیدن به تابع سود بهره گرفته شده است، نوع تابع پیوسته است. این فرایند در شکل ۱ ترسیم شده است.

---

1. Chen, Cai, Sang
2. De Boer,Steeman,Van Bargen
3. Andrzej Rzeczycki
4. Groba,Sartal,Bergantinos
5. Toufighi, Mehregan & Jafarnejad
6. Simon Biaou et al.
7. Alvarez, Gómez-Rúa & Vidal-Puga
8. Hiller
9. Amer, Tsotskas, Hawes, Franco & Mihaylova



شکل ۱. تقسیم بندی بازی‌های غیرهمکارانه

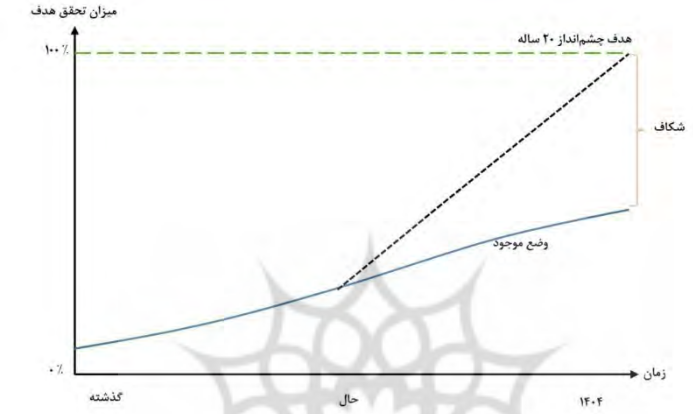
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

صنعت فولاد و زنجیرهٔ تأمین

کشور ما در حال حاضر، از نظر شرایط تولید فولاد، دارای مزیت‌های نسبی فراوانی است. از آن جمله می‌توان به انرژی کافی و ارزان قیمت، سنگ آهن و مواد اولیه نسوز، تجربه نسبی در تولید فولاد، برخورداری از نیروی کار جوان و متخصص ارزان قیمت اشاره کرد که با دستیابی به فناوری نوین تولید و مدیریت مناسب زنجیرهٔ تأمین می‌تواند نقش مؤثر و رقابتی را در بازار جهانی فولاد ایفا کند. بر مبنای برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور ظرفیت تولید فولاد خام ایران باید سالانه به ۵۵ میلیون تن برسد و رتبه هفتم دنیا نیز کسب شود. از یک سو، شاهد افزایش قیمت حامل‌های انرژی و افزایش قیمت تمام شده در تولید فولاد در کشور هستیم که چه بخش تولید و چه در بخش جابجایی تأثیر بسزایی در هزینه تمام شده دارد. از سوی دیگر، بی‌توجهی به زنجیرهٔ تأمین و توسعه اقتصادی این صنعت در کشور و لزوم توجه به تعیین مناسب ظرفیت بهینه برای توسعه واحدهای جدید، توجه به توجیه اقتصادی و سودآور بودن شرکت به‌جای توجیه اجتماعی و ایجاد اشتغال (در بخش دولتی)، و خصوصی‌سازی و توزیع سود سهام در موقع مناسب، نشان‌دهندهٔ این

موضوع است که لازم است میزان تحقق چشم‌انداز ۲۰ ساله در گذر زمان و تحت سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار گیرد تا سیاست‌های بهینه را بتوان ارائه کرد.

با توجه به مسئله فوق‌الذکر، شکل ۲، نمودار مرجع را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار مرجع، اگرچه در گذر زمان شاهد افزایش ظرفیت و رشد تولید در طول زنجیرهٔ تأمین فولاد (شامل تولید سنگ آهن، گندله‌سازی (و سایر محصولات میانی)، تولید فولاد خام و تولید محصولات فولادی هستیم؛ ولی فاصله با چشم‌انداز زیاد بوده که باید با سرعت بیشتری شکاف بین وضع موجود و مطلوب پوشش داده شود.



شکل ۲. نمودار مرجع از میزان تحقق اهداف چشم‌انداز ۲۰ ساله در صنعت فولاد

در دهه هشتاد میلادی، سازمان‌ها جهت دستیابی به مزیت رقابتی پایدار، بیشتر روی سیستم‌هایی مانند تولید به هنگام، مدیریت کیفیت جامع و غیره تمرکز داشتند؛ اما از آنجایی که این مزایای رقابتی به وسیله رقبا تقلید می‌شدند، از پایداری لازم برخوردار نبودند. در واقع تلاش برای بهینه‌سازی فرایندهای سازمانی بدون در نظرگرفتن شرکت‌های بیرونی، به‌خصوص تأمین‌کنندگان و مشتریان امری بی‌فایده به نظر می‌رسید و سازمان‌هایی که با همکاری یکدیگر در جهت اهداف مشترکی گام بر می‌داشتند، عملکرد بهتری داشتند. اینجا بود که مفهوم زنجیرهٔ تأمین متولد شد. زنجیره‌ای که همه فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد، از مرحله تهیه ماده اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف‌کننده را شامل می‌شود (سروالکی و دیویس[1]، ۲۰۱۰). مدیریت زنجیرهٔ تأمین توسط انجمن زنجیرهٔ تأمین جهانی به این صورت توسعه یافته است: مدیریت زنجیرهٔ تأمین، یکپارچه‌سازی فرایندهای کلیدی کسب‌وکار کاربر نهایی از طریق تأمین‌کنندگان اصلی است که محصولات، خدمات و اطلاعاتی را فراهم می‌آورد که ارزش افزوده برای مشتریان و سایر ذی‌نفعان ایجاد می‌کند (ریمین[2]، ۲۰۱۱).

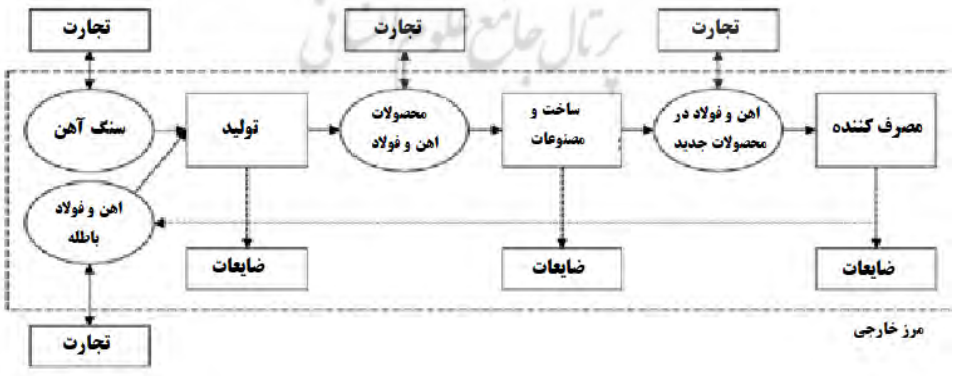
همچنین شکل ۳ زیرسیستم‌های صنعت فولادر را نشان می‌دهد. در زیرسیستم تولید و تأمین سنگ آهن و محصولات میانی، با توجه به میزان تولید سنگ آهن و ظرفیت تولید گندله‌سازی (به‌عنوان نمایندهای از محصولات میانی در زنجیرهٔ تأمین فولاد)، نرخ تولید گندله‌سازی مشخص و بر اساس آن ورودی به حلقه بعدی زنجیره تعیین

1. Srvulaki, Davis
2. Rimiene

می‌شود. در زیرسیستم تولید و تأمین فولاد خام، بر اساس میزان ورودی گندله به بخش تولید فولاد خام و همچنین ظرفیت تولید فولاد خام، میزان تولید فولاد خام تعیین می‌شود. در این مرحله چنانچه تقاضا برای فولاد خام وجود داشته باشد و ظرفیت تولید کفایت نکند، در صورت لزوم واردات فولاد خام صورت می‌پذیرد و برعکس، چنانچه ظرفیت تولید مازاد بر تقاضای داخلی باشد، صادرات در دستور کار قرار خواهدگرفت. زیرسیستم بعدی زنجیرهٔ تأمین فولاد، تولید محصولات نهایی فولاد است که به‌طور مشابه حلقه قبل عمل می‌کند. در نهایت در زیرسیستم تقاضای فولاد و بازار جهانی، بر اساس سرانه تقاضای اطلاعات ورودی بابت تقاضا و واردات و صادرات تعیین می‌شود.

شکل ۳. زیرسیستم‌ها زنجیرهٔ تأمین صنعت فولاد تجزیه وتحلیل یافته‌ها

علت استفاده از نظریه بازی‌ها در زنجیرهٔ تأمین فولاد در شکل زیر، کاملاً مشهود است.



شکل ٤. زنجیرهٔ تأمین صنعت آهن و فولاد

با توجه روابط تعریف شده در شکل ۴، مشاهده می‌شود که عموماً روابط دو طرفه‌ای مابین بازیکنان حاضر در این حوزه وجود دارد. این روابط دو طرفه موجب می‌شود که رفتار رقابتی یا تعاملی و تبانی میان بازیکنان هر حلقه ایجاد شود.

مدل‌سازی این روابط متقابل موجب تدوین الگویی هوشمند جهت تعیین قیمت و مقدار بهینه جهت به تعادل رسیدن این بازار می‌شود.

بر این اساس سؤال‌های پژوهش حاضر به شرح ذیل هستند:

- مکانیسم تعیین قیمت بهینه با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری هوشمند با رویکرد نظریه بازی‌ها در صنعت فولاد چگونه است؟
- کاراترین رویکرد شبکه‌ای عصبی جهت تعیین قیمت بهینه با رویکرد نظریه بازی‌ها در صنعت فولاد کدام است؟
- حضور تحریم‌ها چه تأثیر بر تعیین قیمت بهینه با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری هوشمند با رویکرد نظریه بازی‌ها در صنعت فولاد دارد؟

در ادامه خلاصه نتایج تحقیقات متعدد در راستای پژوهش حاضر در جدول ۱، ارائه شده است:

جدول ۱. پیشینه پژوهش

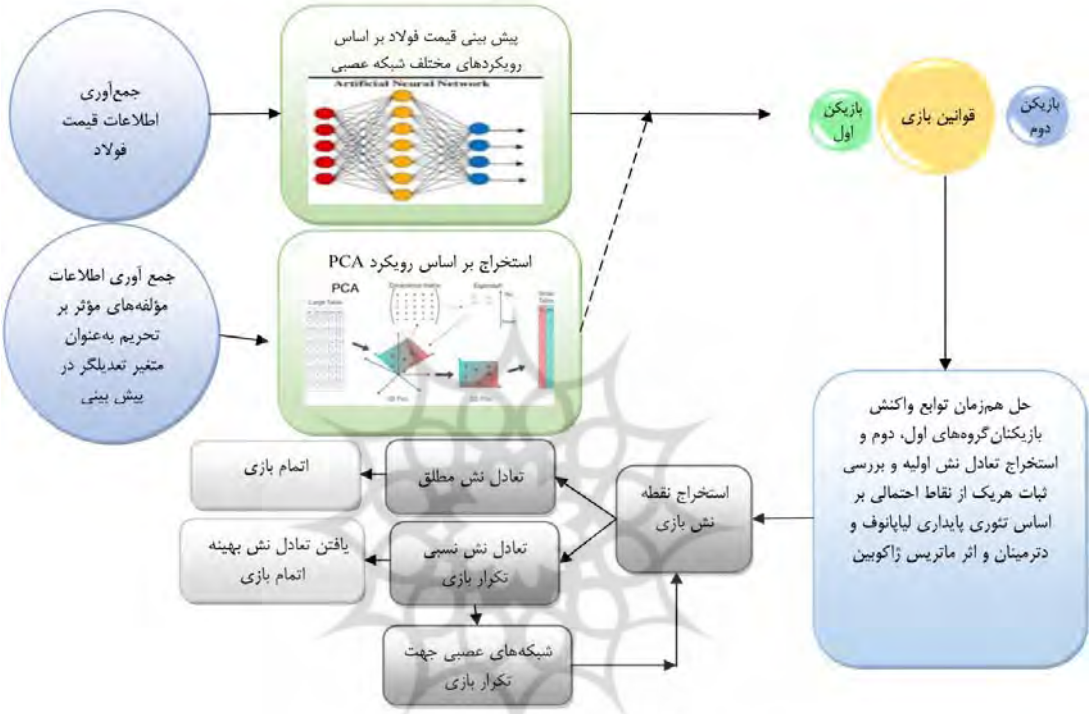
نویسنده/نویسندگان	سال	نتیجه
اگزو و کای	۲۰۲۲	راه‌حل تعادل نش در بازی مشارکتی اطلاعات لجستیک زنجیرهٔ تأمین را به‌عنوان ذره بهینه‌سازی در نظر می‌گیرند و راه‌حل بهینه جهانی مدل بازی مشارکتی اطلاعات لجستیک زنجیرهٔ تأمین را به‌دست آوردند.
بسیک و همکاران	۲۰۲۲	یک مدل شبکه زنجیرهٔ تأمین کشاورزی رقابتی چند لایه یکپارچه را که شرکت‌ها برای فروش، به‌صورت متمایز با هم رقابت می‌کنند، توسعه داده‌اند.
ژانگ و هزارخانی	۲۰۲۱	مسئله زنجیرهٔ تأمین دو کاناله را با فرض وجود رقابت بررسی کردند و نتیجه گرفتند که ترجیح تولیدکننده در انتخاب‌یک کانال فروش، نه تنها به هزینه‌های عملیاتی آن کانال و ترجیح مشتری نهایی، بلکه به استراتژی‌های رقبا در انتخاب کانال توزیع مناسب نیز بستگی دارد.
داس و همکاران	۲۰۲۱	با در نظرگرفتن یک زنجیرهٔ تأمین سه مرحله‌ای رو به جلو و معکوس و فرموله کردن مدل‌های متمرکز و غیرمتمرکز، نشان می‌دهند که محصولات سبز چگونه به بازار آگاهانه سبز ارائه می‌شوند.
هی و همکاران	۲۰۲۰	مسئله دو کاناله را با فرض قیمت‌گذاری محصولات فاسدشدنی و هم‌زمان تحلیل پارامترهای موجودی تحلیل کرده و از رویکرد بازی استکلبرگ برای تحلیل حالت غیرمتمرکز استفاده کردند.
ماتسوی	۲۰۲۰	با فرض وجودیک تولیدکننده ویک خرده‌فروش در حالتی که امکان چانه‌زنی بین اعضای‌یادشده وجود داشته باشد، بررسی کرد.
شی و همکاران	۲۰۲۰	رقابت عمودی و افقی را بین اعضای زنجیرهٔ تأمین دو کاناله بایک تولیدکننده،یک خرده‌فروش آنلاین ویک خرده‌فروش سنتی با ساختارهای قدرت متفاوت بررسی کردند.
موداک و کله	۲۰۱۹	به بررسی تصمیمات قیمت و زمان تحویل وابسته به مقدار تقاضای مشتری دریک زنجیرهٔ تأمین دو کاناله پرداختند.
ژو و همکاران	۲۰۱۹	مسئله را با فرض عدم قطعیت در تقاضا و امکان ارائه محصول ناسالم از طریق کانال‌ها توسط خرده‌فروش بررسی کردند.

نویسنده/نویسندگان	سال	نتیجه
رازا و همکاران	۲۰۱۹	مسئله زنجیرهٔ تأمین دو کاناله‌یک تولیدکننده ویک خرده‌فروش را با فرض عرضه دو محصول معمولی و سبز از طریق کانال‌های آنلاین و سنتی مورد تحلیل قرار دادند. فرض مهم این پژوهش، علاوه بر ریسک‌گریز بودن اعضای زنجیره، به‌کارگیری قراردادهای اشتراک درآمد و هزینه بود.
حیدری و همکاران	۲۰۱۹	مسئله تصمیم‌گیری هماهنگی و بهینه‌سازی را دریک زنجیرهٔ تأمین سبز سه سطحی دوکاناله بایک تولیدکننده ویک توزیع‌کننده که محصول را به‌طور مستقیم و از طریق‌یک خرده‌فروش سنتی توزیع می‌کند، مورد بررسی قرار داده‌اند.
جعفری و همکاران	۲۰۱۹	مسئله‌یاد شده را در زنجیرهٔ تأمینی شامل‌یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش بررسی کردند و علاوه بر قیمت، تصمیمات مرتبط با سفارش‌دهی را نیز مورد توجه قرار دادند؛ همچنین از چندین رویکرد مختلف بازی شامل برترند و استکلبرگ برای تحلیل مسئله استفاده کردند.
لی و همکاران	۲۰۱۹	دریک زنجیرهٔ تأمین دو کاناله که در آن تولیدکننده محصولات خود را از به‌طور مستقیم و از طریق‌یک خرده‌فروش سنتی به مشتریان عرضه می‌کند، سیاست‌های بازگشت کالا را مطالعه کردند.
کی و همکاران	۲۰۱۸	انواع سناریوهای عدم قطعیت و بهره‌گیری از مفهوم درجه باور خبرگان را در مسئله‌یاد شده مورد بررسی قرار دادند.
نظری و همکاران	۲۰۱۸	سیاست‌های سفارش‌دهی و قیمت‌گذاری را دریک زنجیرهٔ تأمین دو کاناله شامل‌یک تولیدکننده و دو کانال سنتی و آنلاین بررسی کردند. در این زنجیرهٔ تأمین محصولات برگشتی قابل فروش در بازار دست دوم است.
ستاک و همکاران	۲۰۱۷	هماهنگی زنجیرهٔ تأمین را با استفاده از به اشتراک‌گذاری اطلاعات و تبلیغات مشارکتی دریک زنجیرهٔ تأمین دو کاناله بایک خرده‌فروش سنتی ویک خرده‌فروش و تحت رفتار سواری مجانی مورد بررسی قرار داده‌اند.
چن و همکاران	۲۰۱۷	تأثیر فروش مستقیم تولیدکننده و اطلاعات نامتقارن هزینه را دریک زنجیرهٔ تأمین دوکاناله بایک تولیدکننده ویک خرده‌فروش ریسک‌گریز بررسی کردند.
سلیمانی	۲۰۱۶	دریک مسئله زنجیرهٔ تأمین دوکاناله که شامل‌یک تولیدکننده،یک خرده‌فروش و دو کانال آنلاین و سنتی است، با فازی در نظرگرفتن تقاضا، هزینه‌های تولیدکننده را مورد بررسی قرار داد؛ همچنین از رویکرد بازی استکلبرگ نیز برای تحلیل حالت غیرمتمرکز استفاده کرد.
کای	۲۰۱۶	تصمیمات تخفیف قیمت و تبلیغات را دریک زنجیرهٔ تأمین دو کاناله بایک تولیدکننده ویک خرده‌فروش بررسی کرد و تأثیر اطلاعات تقاضای نامتقارن را مورد مطالعه قرار داد.
بیرق و همکاران	۱۴۰۱	تعداد هفتاد و چهار مقاله بین‌المللی از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۱ و هفت مقاله فارسی طی سال‌های اخیر را درحوزه زنجیرهٔ تأمین مورد بررسی قرار دادند. از مجموع ۸۱ مقاله در ۵۸ مقاله از رویکرد نظریه بازی‌ها استفاده شده است که رویکرد استکلبرگ با فراوانی ۳۹ مقاله بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده است. این امر فرایند زنجیرهٔ تأمین و کارا بودن روش استاگلبرگ را در مدل‌سازی این بازی‌ها نمایش می‌دهد.

در جمع‌بندی پیشینه تحقیق می‌توان بیان داشت؛ نوآوری پژوهش حاضر نسبت به تحقیقات مورد بررسی، هیبرید نمودن رویکردهای نظریه بازی و شبکه‌های عصبی با لحاظ تعدیل قرار دادن متغیر تحریم‌ها جهت بومی‌سازی مدل با توجه به شرایط کشور در بازار فولاد است.

روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی است؛ همچنین از آنجایی که به بررسی روابط متغیرهای پژوهش می‌پردازد، روش پژوهش از نظر نحوه‌گردآوری اطلاعات گذشته است. در این پژوهش برای جمع‌آوری اطلاعات، از روش کتابخانه‌ای استفاده شده است. برای نگارش و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز مرتبط با مبانی نظری پژوهش، از مقالات تخصصی داخلی و خارجی معتبر استفاده شد. فرایند انجام پژوهش به شرح شکل ۵، نشان داده شده است.

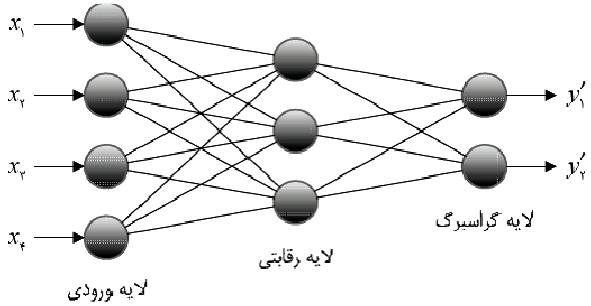


شکل ۵. مدل مفهومی‌پژوهش

برای طراحی شبکه‌ای که قادر به انجام بازی باشد، باید اجزای بازی و الگوهای ورودی و خروجی‌های متناظر با آن‌ها را مشخص کنیم. تصمیم‌گیرنده قبل از تصمیم‌گیری راهبردهای پیش روی خود را می‌داند و با توجه به بررسی راهبردهای مراحل قبل حریف و عایدی‌های آن راهبرد بهینه را انتخاب می‌کند که همانند حل کردن مسئله‌ای از جنس بهینه هست. در این پژوهش از شبکه عصبی پادانتشارگراسبرگ برای تحلیل بازی به خاطر سرعت بالای یادگیری آن در کنار بازی‌های همکاران استفاده کرده‌ایم. یک نوع مهم و کاربردی از شبکه‌های عصبی که برای حل مسائل کاربرد دارد، شبکهٔ پادانتشارگراسبرگ است. الگوریتم یادگیری شبکه پادانتشارگراسبرگ را می‌توان در دو مرحله شرح داد؛ در مرحلهٔ اول وزن پیوندهای بین لایه ورودی و لایهٔ بی‌نظارت به روز می‌شود، در حالی که در مرحلهٔ دوم وزن بین لایهٔ بی‌نظارت (رقابتی) و لایهٔ گراسبرگ روز آمد می‌شوند. با جزئیات بیشتر می‌توان این الگوریتم را به‌صورت زیر شرح داد. فرض کنید بردار x به شبکه اعمال شود و t خروجی مطلوب مربوط به این بردار باشد. بردار y، بردار خروجی واقعی شبکه مربوط به بردار ورودی x است. هدف کمینه کردن اختلاف بین t و y است. فرض کنید $W_j = [w_{ji}]$ بردار وزن‌های اولیه لایه

رقابتی برای نرون j ام در این لایه باشد که w_{ji} وزن پیوند بین نرون j ام در لایه رقابتی و نرون i ام در لایه ورودی باشد. در این صورت در لایه رقابتی به‌صورت رابطه ۱، برای تمامی نرون‌ها محاسبه می‌شود:

$$S_j = \sum_{i=1}^{m} w_{ij}$$ رابطه ۱)



شکل ٦. معماری شبکهٔ پادانتشارگراسبرگ

الگوریتم یادگیری شبکهٔ پادانتشار نیز به‌صورت شکل ۷ است.

شکل ۷. الگوریتم‌یادگیری شبکهٔ پادانتشار گراسبرگ

الگوریتم گراسبرگ زمانی تمام خواهد شد که جواب مدنظر حاصل شده باشد که خط آخر بیانگر این توضیح است؛ در صورت دست‌نیافتن به نتیجه بهینه الگوریتم به خط چهارم مدل بازگشته و مراحل از ابتدا شروع خواهد شد. در این رابطه ۱، i معرف نرون i ام لایه ورودی، j معرف نرون j ام لایه رقابتی و m تعداد نرون‌های لایه ورودی است و نرونی که بیشترین مقدار S_j را دارد، به‌عنوان نرون برنده معرفی می‌شود. در نتیجه این رقابت، خرجی نرون برنده برابریک و خروجی دیگر نرون‌ها برابر صفر در نظرگرفته می‌شود؛ بنابراین خروجی نرون j ام در لایه رقابتی را می‌توان به‌صورت رابطه ۲ نشان داد:

رابطهٔ ۲)
$$Z_j = \begin{cases} 1 & if\ j\ is\ the\ winner \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

پس از این مرحله وزن مربوط به نرون jام در لایه رقابتی و نرون iام در لایه ورودی به‌صورت رابطه ۳ به‌روزرسانی می‌شود:

رابطه ۳)
$$w_{ji}^{n} = w_{ji}^{o} + \alpha \times \left(x_i - w_{ji}^{o}\right), \qquad 0 < \alpha \ll 1$$

که α آهنگ یادگیری است. در لایه با نظارت (لایه‌گراسبرگ)، وزن‌های خارج شده از نرون برنده بر اساس قاعده ویدرو ـ هاف[1] اصلاح می‌شوند. در این صورت می‌توان به رابطه ۴ دست یافت.

رابطه ۴)
$$v_j^{n} = v_j^{0} + \beta \times (t - y)\,, \qquad 0 < \beta < 1$$

که β معروف به آهنگ یادگیری‌گراسبرگ[2] است. با درنظرگرفتن تابع سیگموید[3] در خروجی شبکه رابطه ۵ داریم:

رابطه ۵)
$$y = \frac{1}{1 + e^{-v}}$$

در کل می‌توان گفت فرایند یادگیری، بردار ورودی را با بردار خروجی بر اساس دو الگوریتم مشهور به یکدیگر متصل می‌کند: نگاشت خودسازمان‌ده کوهنن[4] برای پیدا کردن شبیه‌ترین بردار آموزشی و نگاشت گراسبرگ برای پیش‌بینی بردار خروجی.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش به‌منظور دست‌یافتن به سوالات از تکنیک هیبرید نمودن نظریه بازی‌ها و شبکه‌های عصبی بهینه بهره گرفته شد. برآورد مدل‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار متلب و ایویوز صورت‌گرفته است. در پژوهش حاضر از سه رویکرد جهت دست‌یافتن به هدف پژوهش بهره گرفته شده است. رویکرد اول شبکه‌های عصبی است. این رویکرد جهت تکرار نمودن بازی و بهبود نتایج بازی تعاملی (پیش‌بینی قیمت و مقدار در هر دور بازی جهت دست‌یافتن به تعادل

1. Widrow-Hoff Rule
2. Grossberg Learning Rate
3. Sigmoidal Function
4. Self -Organizing Kohonen

بهینه)؛ در پژوهش وارد شده است. پیش‌بینی فرایندی است که از داده‌های تاریخی استفاده می‌کند و از آن‌ها به‌عنوان ورودی برای پیش‌بینی روندهای آینده استفاده می‌کند (بوسقاویی، اسلیمانی و آچچاب[1]، ۲۰۲۱). مدیران زنجیرهٔ تأمین برای اتخاذ تصمیمات عملیاتی، تاکتیکی و استراتژیک به پیش‌بینی‌های کوتاه مدت تا بلندمدت نیاز دارند (پونیا، سین و مادان[2]، ۲۰۲۰). انتظارمی‌رود الگوریتم‌های شبکه مصنوعی با داشتن سطوح بالای انتزاع، دقت فرایند پیش‌بینی را بهبود می‌بخشند (موکانو، انگویان، گیبسکو و کلینگ[3]، ۲۰۱۶). این رویکرد در پیش‌بینی مواد اولیه (چارمچی، ایفایی و یوو[4]، ۲۰۲۱)، پیش‌بینی تقاضا (نیکولوپولوس و همکاران[5]، ۲۰۲۱؛ چن و همکاران، ۲۰۲۰؛ کوچ و تورکوغلو[6]، ۲۰۲۱؛ بوسقاوی و همکاران ۲۰۲۱؛ کایلامسی و همکاران[7]، ۲۰۱۹؛ پونیا و همکاران، ۲۰۲۰؛ تانگ و گی[8]، ۲۰۲۱)، پیش‌بینی فروش (ونگ و همکاران، ۲۰۱۹؛ لیو، فنگ و جین[9]،۲۰۲۰؛ پیسیالی و همکاران[10]، ۲۰۲۱)، پیش‌بینی قیمت (ونگ، لیئو و ژیاو[11]، ۲۰۱۹؛ جئو، ۲۰۲۰)، پیش‌بینی عملکرد (شانکار و همکاران[12]، ۲۰۲۰) یا ترکیبی از این پیش‌بینی‌ها (وو و همکاران، ۲۰۲۱؛ خان، بیون و پارک[13]، ۲۰۲۰) به‌کار گرفته شده است؛ در این پژوهش هدف اصلی پیش‌بینی قیمت و به تبع آن عرضه و تقاضای فولاد است، در نتیجه از رویکرد پیش‌بینی‌ترکیبی بهره گرفته خواهد شد؛ زیرا در نظریه بازی‌ها دو رویکرد اصلی وجود دارد که عبارت‌اند از: بازی‌های ایستا و پویا. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر نظریه بازی پویا مورد استفاده قرارگرفته است و ماهیت این نوع بازی‌ها تکاملی بودن و تکرار بازی است، از خاصیت تکراری بودن و آموزش‌پذیری شبکه‌های عصبی جهت بهبود تعادل نش بهره گرفته شده است. رویکرد دوم در پژوهش حاضر، رویکرد نظریه بازی‌ها است. این رویکرد به‌منظور مدلیزه کردن فرایند بازیکنان صنعت فولاد به‌کار گرفته شده است. همان گونه که اشاره شد، رویکرد بازی در پژوهش حاضر رویکرد بازی‌های پویا از نوع تکاملی است. رویکرد سوم به‌کار رفته در این پژوهش، روش تحلیل مؤلفه اصلی است. وارد نمودن این رویکرد جهت شاخص‌سازی متغیر تحریم است. با توجه به اینکه داده و اطلاعات متغیر تحریم، به‌صورت استاندارد توسط سازمان یا نهاد رسمی منتشر نمی‌شود، در پژوهش حاضر تلاش شد تا این متغیر برآورد شود. برای محاسبه این شاخص از ۱۰ متغیری که تحریم، بالاترین تأثیر را بر آن‌ها دارد، به شاخص‌سازی تحریم اقدام شده است. به بیانی ساده، این متغیر مجموع حاصل‌ضرب وزن هر متغیر در میزان شاخص مذکور در سال مدنظر است. اوزان بر اساس مقادیر ویژه ماتریس متغیرهای ۱۰ گانه حاصل می‌شود. ورود تحریم به نظریه بازی‌ها موجب تغییر در تولید و قیمت در بازار صنعت فولاد می‌شود و انتظار بر این است تعادل نش حاصل شده از بازی را تحت تأثیر قرار دهد.

1. Bousqaoui, Slimani & Achchab
2. Punia, Singh & Madaan
3. Mocanu, Nguyen, Gibescu & Kling
4. Charmchi,Ifaei,Yoo
5. Nikolopoulos et al
6. Koc &Turkoglu
7. Kilimci et al
8. Tang & Ge
9. Liu, Feng & Jin
10. Piccialli et al
11. Weng, Liu & Xiao
12. Shankar et al
13. Khan, Byun, Park

تعیین شبکه عصبی بهینه

تعداد لایه‌ها و تعداد نرون‌ها در هر لایه، تابع آموزش (تابع تبدیل)، وزن شبکهٔ عصبی مصنوعی، سه رکن اصلی شبکه عصبی مصنوعی هستند. معماری شبکه، نخستین گام مهم برای مدل‌سازی در این زمینه است؛ بنابراین باید به نکاتی درباره معماری شبکه توجه کرد. ابتدا برای تعیین نرون‌ها و لایه‌های بهینه به ارزیابی شبکه‌های مختلف با لایه‌های متفاوت در نرم افزار متلب پرداخته‌ایم.بدین صورت که در شبکه‌های دو و سه لایه تعداد ۲ تا ۲۰ نرون را که هر کدام ۳۰ بار آموزش دیده شدند را مورد ارزیابی قرار دادیم و با در نظرگرفتن مجموع خطای داده‌های آزمون که به‌صورت تصادفی ۲۰درصد از کل داده‌ها را به خود تخصیص داده، عملکرد مدل‌های مختلف را بررسی کردیم. برای انتخاب الگوریتم مورد نیاز در تابع آموزش، با در نظرگرفتن الگوریتم‌های مختلف همانند الگوریتم‌های شبه نیوتن[1] (شامل توابع Trainoss و Trainbfg)، روش‌گرادیان توأم[2] (شامل توابع Traincgf، Traincgp، Traincgb، Trainscg)، توابع Trainbfg، Trainbr، Trainngd، Traingdm، Traingda، Traingdx و تابع آموزش لونبرگ ـ مارکوات (TrainLm)، بهترین عملکرد از آن الگوریتم آموزش Traincgp[3] بوده است؛ بنابراین ترکیب بهینه عوامل شبکه عصبی به‌صورت جدول ۲ است:

جدول۲.ترکیب بهینه معماری شبکه

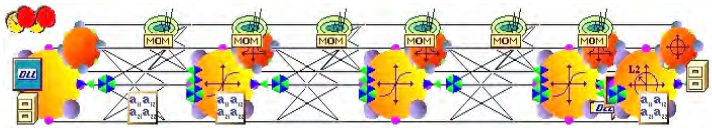
عامل طراحی	بیزین	پاد انتشارگراسبرگ	بردارهای پشتیبان
تعداد نرون بهینه	۸ نرون	۱۰ نرون	۵ نرون
تعداد لایه بهینه	۲ لایه	۲ لایه	۳ لایه
تابع پیش‌پردازش	PURLIN	PURLIN	PURLIN
تابع تبدیل	TRAINCGB	TRAINCGP	کرنل RBFلاپلاس
MSE	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۲۳
MSFE	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱

منبع: یافته‌های پژوهش

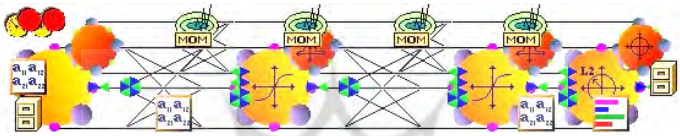
بر اساس میزان شاخص‌های MSE و MSFE به محاسبه تعداد نرون تا ۱۰، تعداد لایه تا ۵ و انواع تابع پیش‌پردازش و تابع تبدیل اقدام به برآوردهای مختلف اقدام کردیم که بالاترین میزان دقت برای هریک از رویکردهای مورد بررسی، متناظر با جدول ۲ به‌دست آمد و نتایج بر اساس این مقادیر بهینه ادامه یافت. در این مدل جهت پیش‌بینی قیمت فولاد از سه رویکرد بیزین، گراسبرگ و بردارهای پشتیبان، جهت پیش‌بینی قیمت فولاد بهره گرفته خواهد شد. برای حل مسئله شناسایی باینری در شبکه عصبی سه ساختار شبکه عصبی شامل ساختار شبکه پیشخور، ساختار شبکه رقابتی و ساختار شبکه حافظه انجمنی برگشتی را معرفی می‌کند که انواع شبکه عصبی پرسپترون، همینگ و هاپفیلد به‌ترتیب انواع پرکاربرد ساختار شبکه‌های مذکور هستند.

1. Quasi-Newton
2. Conjugate Gradient
3. Conjugate Gradient Polak-Ribiére

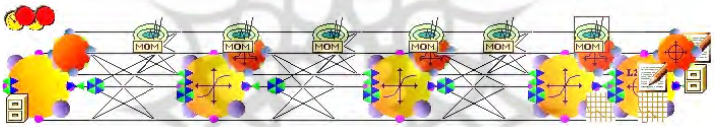
شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه قادرند با انتخاب مناسب تعداد لایه‌ها و سلول‌های عصبی، یک نگاشت غیرخطی را اعمال کنند، به همین جهت در زمره پرکاربردترین شبکه‌های عصبی قرار دارند. این ساختار با تعمیم قانون‌یادگیری حداقل مربعات خطا، از قانون‌یادگیری پس انتشارخطا استفاده می‌کند. با توجه به ویژگی‌های مزبور در پژوهش حاضر از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه استفاده شده است. در پژوهش حاضر از سه نوع شبکه عصبی پاد انتشارگراسبرگ، بردارهای پشتیبان و بیزین جهت یادگیری و رفتار برگشتی مابین بازیکنان بازی تبیین شده است. ساختار شبکه عصبی مدل‌های فوق در شکل ۸ (الف: ساختار شبکه SVM، ب: ساختار شبکه بیزین و ج: ساختار شبکه پاد انتشار گراسبرگ) ارائه شده است.



الف: ساختار شبکه *SVM*



ب: ساختار شبکه بیزین



ج: ساختار شبکه پاد انتشارگراسبرگ

شکل ۸. ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در پژوهش

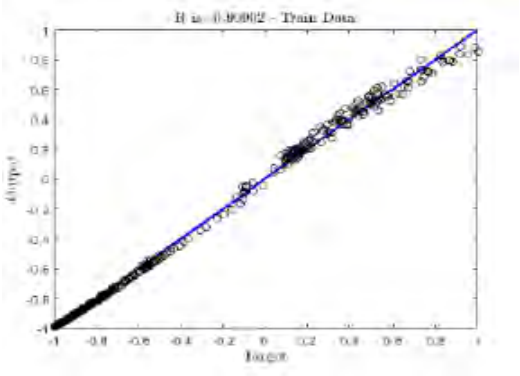
در ادامه نتایج دقت مدل‌های ذکر شده در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر سعی بر مقایسه رویکردهای مختلف جهت مدل‌سازی است؛ فقط به مبحث دقت پیش‌بینی مدل‌ها توجه شده و کارایی‌ها بررسی شده است، نه آنکه مبحث بهره‌وری اهمیتی داشته باشد.

جدول ۳. میزان خطا در مدل‌های مختلف شبکه عصبی

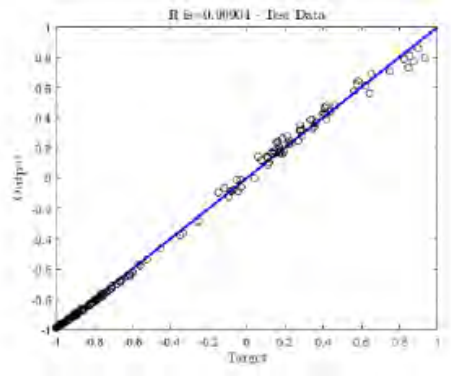
	مدل	MAFE	MSFE
عدم حضور تحریم	پاد انتشارگراسبرگ	۰/۰۹۶	۰/۰۰۹
	بردارهای پشتیبان	۰/۱۰۳	۰/۰۱۰
	بیزین	۰/۰۹۸	۰/۰۱۱
حضور تحریم	پاد انتشارگراسبرگ	۰/۰۷۷	۰/۰۱۰
	بردارهای پشتیبان	۰/۰۹۲	۰/۰۱۲
	بیزین	۰/۰۸۱	۰/۰۰۹

بر اساس نتایج جدول ۳، مشاهده می‌شود، روش‌گراسبرگ از دقت بالاتری در پیش‌بینی قیمت فولاد برخوردار است، در نتیجه پیش‌بینی قیمت بر اساس روش‌گراسبرگ صورت پذیرفته است. نتایج روش بهینه در ادامه ارائه شده است.

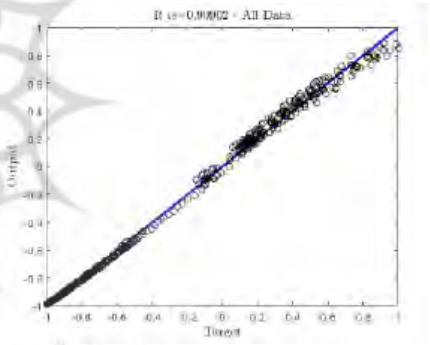
در ادامه نتایج برای ۱۰۰۰ دور تکرار ترسیم شده است. در شکل ۹، نمودار ضریب رگرسیون برای داده‌های آموزشی و در شکل ۱۰ نمودار ضریب رگرسیون برای داده‌های آزمون ترسیم شده است. شکل ۱۱ نمودار ضریب رگرسیون بـرای کل داده‌ها و شکل‌های ۱۲ و ۱۳ میزان خطا به‌ترتیب برای داده‌های آموزشی و آزمون را نشان می‌دهد.



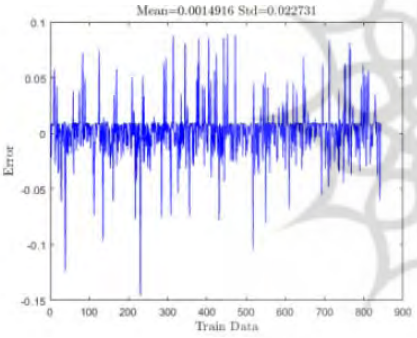
شکل ۹. نمودار ضریب رگرسیون برای داده‌های آموزش



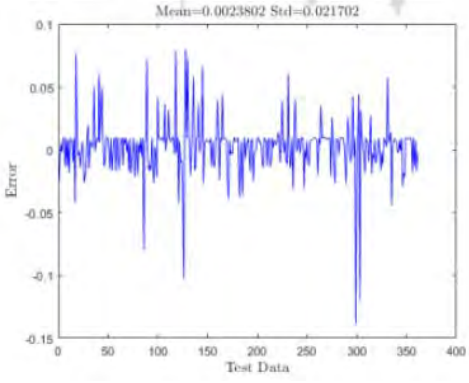
شکل ۱۰. نمودار ضریب رگرسیون برای داده‌های آزمون



شکل ۱۱. نمودار ضریب برگرسیون برای کل داده‌ها

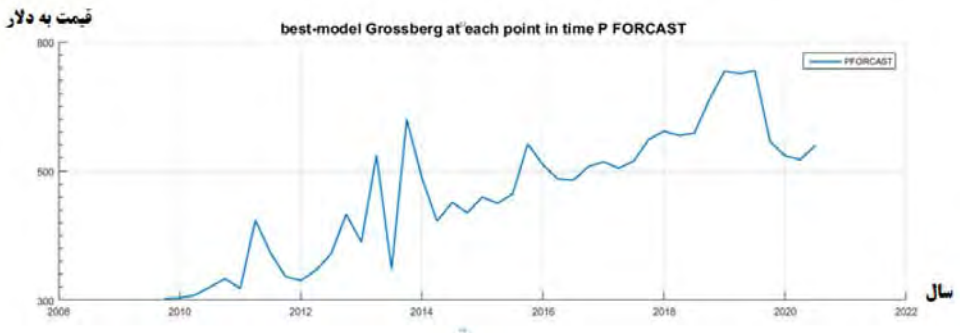


شکل ۱۲. نمودارمیزان خطا برای داده‌های آموزش



شکل ۱۳. نمودارمیزان خطا برای داده‌های آزمون

در شکل ۱۴ با استفاده از رویکرد پادانتشار گراسبرگ به پیش‌بینی قیمت فولاد اقدام کرده‌ایم.



شکل ١٤. پیش‌بینی قیمت فولاد با مدل شبکه عصبی پاد انتشارگراسبرگ

مدل‌سازی نظریه بازی در صنعت فولاد

مدل پیشنهادی نظریه بازی پژوهش حاضر شامل دو دسته خرده فروشان و تولیدکنندگان است. مجموعه تصمیمات $\Delta\alpha$میزان تغییر در تولید فولاد برای تولیدکنندگان و $\Delta\beta$ میزان تغییر در خرید فولاد خرده فروشان است (نویدی، ۱۳۹۰). چنانچه α_0 میزان تولید جاری فولاد باشد و β_0 را میزان خرید فعلی بدانیم. روابط ۶ و ۷ را داریم:

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0$$ رابطه ۶)

$$\beta = \beta - \beta_0$$ رابطهٔ ۷)

به‌طوری که α میزان تولید و β میزان خرید تصمیم‌گیری توسط بازیگران است. برای تولیدکنندگان $up(\Delta\alpha, \Delta\beta)$ و برای خریداران $us(\Delta\alpha, \Delta\beta)$ تابع پیامد بوده که به‌صورت رابطه‌های ۸ و ۹ معرفی می‌شود.

$$up(\Delta\alpha, \Delta\beta) = f_{net}(\alpha, \beta) - f_0$$ رابطه ۸)

$$us(\Delta\alpha, \Delta\beta) = -up(\Delta\alpha, \Delta\beta)$$ رابطه ۹)

به‌طوری که f_0 بهای جاری فولاد بوده و $f_{net}(\alpha, \beta)$تابع پیش‌بینی‌کننده فولاد در بخش قبل است که توسط شبکه عصبی پاد انتشار گراسبرگ محاسبه شد (لطفی و همکاران، ۲۰۱۲). چنانچه تولیدکنندگان میزان تولید فولاد خود را به α برساند و خریداران میزان خرید خود را بهβ برسانند؛ آنگاه قیمت فولاد با این تابع و پیامد حاصل برای بازیکنان از روابط پیشین مشخص‌می‌شود. شکل فوق $us(\Delta\alpha, \Delta\beta)$ نشان می‌دهد که تابع پیامد به‌دست آمده برای خرید را نشان می‌دهد. از آنجا که در مدل بازی ارائه شده رابطه ۱۰ برقرار است؛ پس مدل بازی، مجموع صفر است.

$$us(\Delta\alpha, \Delta\beta) + up(\Delta\alpha, \Delta\beta) = 0$$ رابطه ۱۰)

دریک بازی مجموع صفر؛ تعادل نش بازی نشان دهنده تصمیمات بهینه‌ای است که طرفین تمایل به انحراف از آن ندارند. در بازی پیشنهاد گوییم $(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*)$ یک تعادل نش است؛ اگر و تنها اگر روابط ۱۱ و ۱۲ برقرار باشد.

$$us(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*) \geq us(\Delta\alpha, \Delta\beta^*) \quad \forall \Delta\alpha \in [-A, A]$$ رابطه ۱۱)

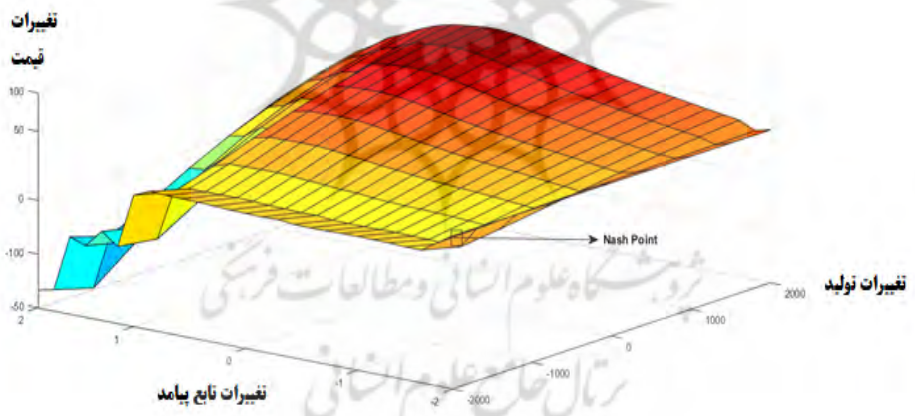
$$up(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*) \geq up(\Delta\alpha^*, \Delta\beta) \quad \forall \Delta\alpha \in [-B, B]$$ رابطه ۱۲)

که در آن‌ها A سقف ممکن در افزایش تولید و B سقف میسر برای خرید خریداران است. برای به‌دست آوردن تعادل نش می‌توان از الگوریتم مینیماکس و ماکسمین مطابق روابط ۱۳ و ۱۴ بهره برد.

$$(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*) = argmax_{\Delta\alpha}\ (rgmax_{\Delta B}(us(\Delta\alpha, \Delta\beta)))$$ رابطه ۱۳)

$$(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*) = argmax_{\Delta\beta}\ (rgmax_{\Delta\alpha}(us(\Delta\alpha, \Delta\beta)))$$ رابطه ۱۴)

اگر مقدار خروجی دو رابطه مساوی باشد؛ بازی با مقادیر $(\Delta\alpha^*, \Delta\beta^*)$ تعادل نش محض دارد. نقاطی که تعادل نش را می‌سازند، تصمیمات بهینه هستند. تصمیماتی که هیچ‌یک از طرفین تمایل به خروج از آن ندارد و انحراف از آن موجب ضرر هر کدام می‌شود. تعادل نش حاصل از روابط فوق با استفاده از روش‌های عددی است؛ که تعادل نش را می‌سازند تصمیمات بهینه هستند، تصمیماتی که هیچ یک از طرفین تمایل به خروج از آن ندارند و انحراف از آن موجب ضرر هر کدام می‌شود.



شکل ۱۵. تعادل نش در عدم حضور تحریم‌ها

در شکل ۱۵ تغییرات فروش ۲۰۰۰- تنی در تولید موجب افزایش قیمت ۵۵ دلاری در قیمت فولاد در هر تن می‌شود.

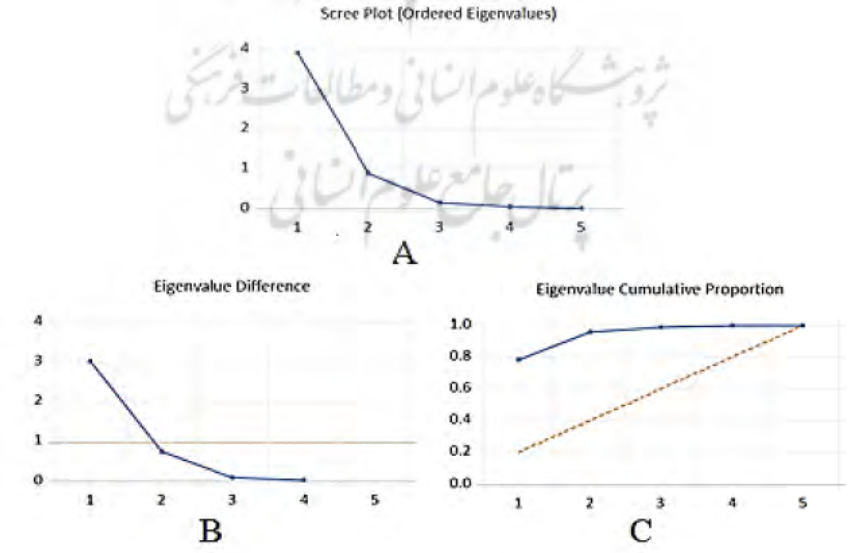
شاخص‌سازی تحریم

با توجه به اینکه کشور همواره در معرض تحریم است و این تحریم‌ها بر رفتار بهینه بازیکنان اثرگذار است؛ در ادامه تأثیر تحریم بر تعادل بهینه مورد ارزیابی قرارگرفته است. به‌منظور تخمین شاخص تحریم و مدل کلان‌سنجی، در مجموع از حدود ۱۰ متغیر و چگونگی جمع‌آوری داده‌ها ارائه می‌شود. اطلاعات این شاخص‌ها در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ٤. متغیرهای به کار رفته در تحلیل مؤلفه اصلی PCA

متغیر متأثر از تحریم	توضیحات	مرجع
شاخص قیمت کالاهای وارداتی	از شاخص ضمنی واردات برای کسب اطلاعات دو ماههٔ آخر استفاده شده است، سال پایه ۱۳۹۰	حساب‌ها و داده‌های سری زمانی بانک مرکزی
شاخص قیمت کالاهای صادراتی	سال پایه ۱۳۹۰	داده‌ها و نماگرهای سری زمانی بانک مرکزی
رابطه مبادله	از نسبت شاخص، صادرات به واردات به‌دست می‌آید	-
سهم ایران از تولید جهانی نفت خام	نسبت میزان تولید نفت خام در ایران نسبت به تولید جهانی	آمار انرژی جهانی (شرکت بی.پی)[1]
سهم ایران از صادرات نفت خام	نسبت صادرات نفت خام ایران به جهان	آمار انرژی جهانی (شرکت بی.پی)
سهم ایران از سرمایه گذاری مستقیم خارجی	سهم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی صورت‌گرفته در ایران نسبت به جهان	بانک اطلاعات سری زمانی آنکتاد
سهم آمریکا از تجارت خارجی ایران	نسبت تجارت خارجی ایران با آمریکا به کل	مرکز آمار آمریکا[2]
پرمیوم نرخ ارز	تفاوت نرخ ارز رسمی‌و نرخ ارز غیر رسمی‌به نرخ ارز رسمی	داده‌ها و نماگرهای سری زمانی بانک مرکزی
واریانس نرخ ارز	واریانس میزان تفاوت نرخ ارز رسمی‌و غیر رسمی‌طبق داده‌های فصلی نرخ ارز	داده‌ها و نماگرهای سری زمانی بانک مرکزی
نسبت تراز تجاری غیرنفتی به تولید ناخالص داخلی	نسبت تجاری غیر نفتی حقیقی به تولید ناخالص داخلی	حساب ملی بانک مرکزی

مأخذ: بارو و لی، ۱۹۹۱؛ تربت، ۲۰۰۵؛ کاریسو، ۲۰۰۳



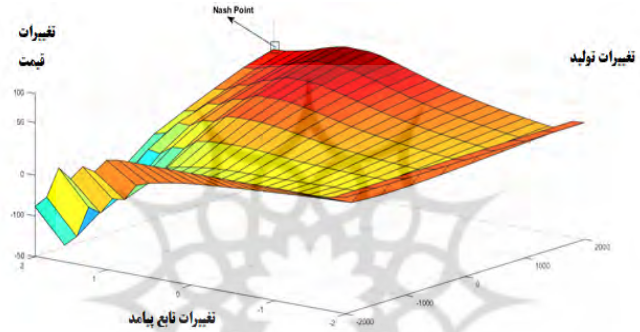
شکل ١٦. نتایج مدل PCA مابین متغیرهای مدل تحریم

1. Principal Component Analysis
2. United States Census Bureau

جهت شاخص‌سازی تحریم از متغیرهای فوق از روش PCA در نرم‌افزار ایویوز ۱۲ بهره گرفته شده است. تعداد بردارهای استخراج شده برابر است با تعداد متغیرهایی که وارد مدل شده‌اند. عموماً دو یا سه بردار اول مقدار چشمگیری از پراکندگی داده‌ها را در نظر می‌گیرد؛ بنابراین انتخاب دو یا سه مؤلفه بردار برای ادامه کار کفایت می‌کند؛ اما در برخی از موارد ضروری معیارهای دیگری برای یافتن تعداد بردارهای لازم مورد توجه قرار داد. این معیارها عبارت‌اند: آزمون اسکری، ارزش ویژه، واریانس.

تأثیر تحریم‌ها بر تعادل بازی در صنعت فولاد

با توجه به نتایج یک بردار اصلی قابل تشخیص است که بر اساس آن اقدام به استخراج شاخص تحریم خواهیم نمود. در این حالت شاخص تحریم مجموع وزن هر متغیر ضربدر متغیر مذکور میزان شاخص مذکور را برای هر دوره ایجاد می‌کند.



شکل ۱۷. تعادل نش در حضور تحریم‌ها

با مقایسه نتایج شکل ۱۷ با شکل ۱۵ که تعادل نش را نمایش می‌دهد، مشاهده می‌شود حضور تحریم‌ها در مدل باعث افزایش قیمت‌ها و کاهش تولید در صنعت فولاد شده است. در شکل فوق تحریم‌ها موجب افزایش قیمت ۴۸ دلاری در قیمت فولاد در هر تن می‌شود. این امر موجب کاهش توان رقابتی تولید در سطح بین‌المللی می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اهمیت تصمیمات قیمت و زمان دریک زنجیرهٔ تأمین دوکاناله، در این پژوهش با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی دومرحله‌ای و بازی استکلبرگ تصمیمات بهینه برای قیمت و تولید دریک زنجیرهٔ تأمین غیرمتمرکز بررسی شد. در این پژوهش به‌یک مسئله اصلی پرداخته شد. این مسئله بررسی این واقعیت بود که آیا تعامل مابین تولیدکنندگان و خرده فروشان در صنعت فولاد بر تغییرات قیمت و مقدار بهینه تأثیرگذار است؟ برای دست‌یافتن به جواب این سوال از یک مدل‌ترکیبی بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی و تئوری بازی‌ها استفاده شد تا بتواند در تعیین سطح قیمت و تولید بهینه به فعالان صنعت فولاد کمک کند. در این مدل، شبکه عصبی به کارگرفته می‌شود تا اثر تصمیمات تولیدکنندگان فولاد در تعیین سطح عرضه فولاد بر قیمت آن را یاد بگیرد. سپس شبکه عصبی آموزش دیده در ایجاد یک تابع پیامد برای یک مدل بازی بین تولیدکنندگان و خرده فروشان به کارگرفته می‌شود. مدل ارائه شده برای تعیین بهترین تصمیم در میزان تولید فولاد جهت تعیین قیمت بهینه به کار می‌رود. جهت پیش‌بینی قیمت فولاد از سه شبکه عصبی بیزین،

بردارهای پشتیبان و پاد انتشارگراسبرگ بهره گرفته شد. نتایج بیانگر این واقعیت است که مدل پاد انتشارگراسبرگ دقت بالاتری در پیش‌بینی قیمت فولاد دارد. در ادامه قیمت پیش‌بینی شده وارد فرایند نظریه بازی‌هاگردید و نقطه تعادل نش مدل تعیین‌گردید. در ادامه با توجه به شرایط خاص کشور متغیر تحریم در مدل نظریه بازی‌ها واردگردید. نتایج بیانگر این واقعیت است که حضور تحریم‌ها در مدل باعث افزایش قیمت‌ها و کاهش تولید در صنعت فولاد شده است.

با توجه به اینکه در پژوهش حاضر به بررسی تغییرات قیمت ناشی از تغییرات عرضه و تقاضا و در حضور تحریم‌ها پرداخته شد و همانگونه که مشاهده‌گردید؛ به علت کاهش عرضه و افزایش سطح تحریم سطح قیمت‌ها با رشد فزاینده‌ای نسبت به تغییرات عرضه روبروگردیده؛ در نتیجه می‌توان بیان داشت که فولادیک نهاده کم کشش است. این امر موجب می‌شود هر گونه اخلال در زنجیرهٔ تأمین این محصول موجب افزایش شدید قیمت این کالا و ایجاد تلاطم در این بازار شود؛ در نتیجه این امر حساسیت مدیریت زنجیرهٔ تأمین در این محصول را دو چندان می‌نماید. بر این اساس لازم است ازیک دیدگاه سیستمی و پویا در سیاست‌های تنظیم بازار، سیاست‌های تأمین مواد اولیه و حمل و نقل؛ انبارداری و... بهره‌گیری شود. باید توجه داشت که استفاده از رویکردهای هوشمند و یادگیری ماشینی می‌تواند در راستای هماهنگ‌سازی این امور نقش بسزایی را ایفا نماید.

با توجه به اینکه از رویکرد استکلبرگ در پژوهش حاضر استفاده شده است؛ در نتیجه نتایج به‌ترتیب ورود بازیکنان به بازی بر تعادل نش حساس است، تدوین قوانین و مقررات نظارت ورود به بازار در این صنعت باید مورد بررسی قرار گیرد چرا که صنعت فولاد جزء صنایعی است که با هزینه‌های ورود و خروج بالایی روبه‌رو است. در نتیجه نظارت بر ورود و خروج بازیکنان در این صنعت باید مورد توجه سیاست‌گذاران و مدیران این صنعت قرار گرفته و سعی در تدوین استانداردها و تدوین قواعد بازی مابین فعالین این بازار نمایند.

با توجه به این که بررسی مبحث هماهنگی در زنجیره های تأمین به تنهایی نمی تواند تضمینی جهت افزایش سودآوری یک زنجیرهٔ تأمین در حضور زنجیره‌های تأمین هماهنگ رقیب دیگر باشد، تلفیق مباحث هماهنگی با استفاده از قراردادهای مختلف و رقابت بین زنجیره‌های تأمین از موضوعات جالب برای پژوهش‌های آتی باشد؛ بررسی نقش ساختارهای مختلف رهبری در درون و مابین زنجیره‌های تأمین رقیب در کارایی قراردادهای مختلف هماهنگی و این که برای هر ساختار از شبکه زنجیره های تأمین چه نوع قرارداد هماهنگی پیشنهاد می شود. مدل‌سازی و حل مسئله رقابت در قیمت بین تعداد بیشتری از زنجیره‌های تأمین و همین‌طور تعداد بیشتری از سطوح درون زنجیره‌های تأمین؛ در نظرگرفتن رقابت به‌طور هم‌زمان در قیمت و سطح سرویس (کیفیت) در نظرگرفتن رقابت بین زنجیره‌های تأمین دارای کانال های مستقیم فروش (مانند کانال های فروش اینترنتی مستقیم از تولیدکننده به بازار)، تحت ساختارهای مختلف رهبری از شبکه زنجیره‌های تأمین و همین‌طور، بررسی سازوکارهای مختلف هماهنگی بین کانال خرده‌فروشی و کانال مستقیم فروش در زنجیره‌های تأمین رقیب جهت بررسی در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود.

منابع

دری، محسن؛ جعفری، میثم و چهارسوقی، کمال (۱۳۹۸). انتخاب خط‌مشی سفارش هماهنگ‌شده در زنجیره تأمین دو سطحی: رویکرد نظریه بازی. *تحقیقات مدرن در تصمیم‌گیری*، ۴(۳)، ۴۷- ۷۳.

سلطانی تهرانی، الهه و دایی کریم‌زاده، سعید (۱۳۹۴). پیش‌بینی قیمت فولاد با استفاده از مدل سری زمانی. *کنفرانس بین‌المللی مدیریت و اقتصاد در قرن بیست‌ویکم*، تهران.

شاکری، عباس (۱۳۸۷). *کتاب اقتصاد خرد ۲: نظریه‌ها و کاربردها*، تهران، نشر نی.

شفیعی، مرتضی و فرح گل، پوریا (۱۳۹۸). کاربرد تئوری بازی درتحلیل زنجیرهٔ تأمین با رویکرد بازار مشتری (مورد مطالعه: سیمان فارس). *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۷(۵۳)، ۱۸۵-۲۱۷.

متین‌فر، فرزام؛ آزادی پرند، فرشته و لونی، عبداله (۱۳۹۸)، مروری بر رویکردهای نظریه بازی در شبکه توزیع هوشمند با تأکید بر بازی‌های همکارانه. *صنایع الکترونیک*، ۱۰ (۳)، ۱۷-۲۹.

نعیمی صدیق، علی؛ چهارسوقی، سید کمال و شیخ محمدی، مجید (۱۳۹۱). طراحی مدل هماهنگی در زنجیرهٔ تأمین رقابتی با استفاده از رویکرد نظریه بازی با همکاری و بدون همکاری. *مدیریت صنعتی*، ۴(۱۴)، ۱۰۸-۱۱۸.

نویدی، حمیدرضا و رحمتی، علی (۱۳۹۲). ارائه مدل رقابتی فروش چند جانبه در زنجیره‌های تأمین و تحلیل آن با استفاده از نظریه بازی‌ها، *دهمین کنفرانس بین‌المللی هندسی صنایع*، تهران. ۱-۷.

References

Abapour, S., Mohammadi-Ivatloo, B. & Hagh, M. T. (2020). Robust bidding strategy for demand response aggregators in the electricity market based on game theory. *Journal of Cleaner Production*, 243(7), A. 118393.

Abdellaoui, M., Li, C., Wakker, P. P. & Wu, G. (2020). A defense of prospect theory in Bernheim and Sprenger's experiment. *Working paper*. Rotterdam, Netherlands.

Ageron, B., Gunasekaran, A. & Spalanzani, A. (2012). Sustainable supply management: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 168-182.

Álvarez, X., Gómez-Rúa, M. & Vidal-Puga, J. (2019). River flooding risk prevention: A cooperative game theory approach. *Journal of Environmental Management*, 248. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109284

Amer, M., Tsotskas, Ch., Hawes, M., Franco, P. & Mihaylova, L. (2017). A game theory approach for congestion control in vehicular ad hoc networks. *2017 Sensor Data Fusion: Trends, Solutions, Applications (SDF)*, pp. 1-6. 10.1109/SDF.2017.8126359

Amin, W., Huang, Q., Afzal, M., Khan, A. A., Zhang, Z., Umer, K. & Ahmed, S. A. (2020). Consumers' preference-based optimal price determination model for P2P energy trading. *Electric Power Systems Research*, 187, A. 106488.

Ansari, Z. N. & Kant, R. (2017). A state-of-art literature review reflecting 15 years of focus on sustainable supply chain management. *Journal of cleaner production*, 142, 2524-2543.

Bai, C. & Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, 124(1), 252- 264.

Bousqaoui, H., Slimani, I. & Achchab, S. (2021). Comparative analysis of short-term demand predicting models using ARIMA and deep learning. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 11(4), 3319–3328.

Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J. & Seuring, S. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. *European Journal of operational research*, 233(2), 299-312.

Charmchi, A.S., Ifaei, P. & Yoo, C. (2021). Smart supply-side management of optimal hydro reservoirs using the water/energy nexus concept: a hydropower pinch analysis. *Appl Energy* 281, 116136. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116136

Chen, J., Zhang, H. & Sun, Y. (2012). Implementing coordination contracts in a manufacturer Stackelberg dual-channel supply chain. *Omega*, 40(5), 571-583.

Chen, P., Li, B., Jiang, Y. & Hou, P. (2017). The Impact of Manufacturer's Direct Sales and Cost Information Asymmetry in a Dual-Channel Supply Chain with a Risk-Averse Retailer. *International Journal of Electronic Commerce*, 21(1), 43-66.

Chen, X., Cai, G. & Song, J. S. (2019). The cash flow advantages of 3PLs as supply chain orchestrators. *Manufacturing & Service Operations Management*, 21(2), 435-451.

Chien, C.F., Lin, Y.S., Lin, S.K. (2020). Deep reinforcement learning for selecting demand forecast models to empower Industry 3.5 and an empirical study for a semiconductor component distributor. *International Journal of Production Research*, 58(9), 2784–2804.

De Boer, R. Steeman, M. & van Bergen, M. (2015). *Supply chain finance, it's practical relevance and strategic value: the supply chain finance essential knowledge series.* Hogeschool Windesheim. Zwolle, Netherlands.

Dorri, M., Jafari, M. & Chaharsoghi, K. (2019). Choosing coordinated ordering policy in the two-level supply chian: A game theory approach. *Modern research in decision making*, 4(3), 47-73. (*in Persian*)

Du, W., Fan, Y. & Yan, L. (2018). Pricing Strategies for Competitive Water Supply Chains under Different Power Structures: An Application to the South-to-North Water Diversion Project in China. *Sustainability*, 10(8), 1-13.

Ghavamifar, A., A. Makui & A.A. Taleizadeh (2018). Designing a resilient competitive supply chain network under disruption risks: A real-world application. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 115(C), 87-109.

Giannoccaro, I. & Pontrandolfoo, P. (2004). Supply Chain coordination By revenue Sharing Contracts. *International Journal Of Production Economics*, 89(2), 131-139.

Goldberg, P. K. (1995). Product Differentiation and Oligopoly in International Markets: The Case of the U.S. Automobile Industry. *Econometrica*, 63(4), 891-951.

Groba, C., Sartal, A. & Bergantiño, G. (2020). Optimization of tuna fishing logistic routes through information sharing policies: A game theory-based approach. *Marine Policy*, 113. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103795

Guo, L., Wang, T., Wu, Z., Wang, J., Wang, M., Cui, Z. & Chen, X. (2020). Portable food-freshness prediction platform based on colorimetric barcode combinatorics and deep convolutional neural networks. *Adv Mater*, 32(45), 2004805.

Haghi, E., Shamsi, H., Dimitrov, S., Fowler, M. & Raahemifar, K. (2020). Assessing the potential of fuel cell-powered and battery-powered forklifts for reducing GHG emissions using clean surplus power; a game theory approach. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(59), 34532-34544.

He, C. & Zhou, H. (2019). A retailer promotion policy model in a manufacturer Stackelberg dual-channel green supply chain. *11 th CIRP Conference on Industrial, Procedia CIRP*, 83, 722-727.

He, Y., Huang, H., & Li, D. (2020). Inventory and pricing decisions for a dual-channel supply chain with deteriorating products. *Operational Research*, 20, 1461-1503

Heydari, J., Govindan, K. & Aslani, A. (2019). Pricing and greening decisions in a three-tier dual-channel. *International journal of production economics*, 217, 185-196.

Hill, R. & Myatt, A. (2007). Overemphasis on Perfectly Competitive Markets in Microeconomics Principles Textbooks. *Journal of Economic Education*, 38 (1).

Hiller, T. (2019). Structure of teams—A cooperative game theory approach. *Managerial and Decision Economics*, 40(5), 520-525.

Ho, J. (2013). A Research Note: An exploration of the intellectual learning process of thinking by managers in the digital social media ecosystem. *European Academic Research*, 1(5), 636-649.

Horsky, D. & Nelson, P. (1992). New Brand Positioning and Pricing in An Oligopolistic Market. *Marketing Science*, 11(2), 133-153.

Hosseini, S. & Vakili, R. (2019). Game theory approach for detecting vulnerable data centers in a cloud computing network. *International Journal of Communication Systems*, 32(8).

Hosseinnia Shavaki, F. & Ebrahimi Ghahnavieh, A. (2023). Application of deap learning in supply chain management : a systematic literature review and a framework for future research. *A review of artificial intelligence*, 56,4447-4489.

Hua, G., Wang, S. & Cheng, T. E. (2010). Price and lead time decisions in dual-channel supply chains. *European Journal of Operational Research*, 205(1), 113-126.

Huang, W. & Swaminathan, J. M. (2009). Introduction of a second channel: Implications for pricing and profits. *European Journal of Operational Research*, 194(1), 258-279.

Jafari, H., Hejazi, S. R. & Rasti-Barzoki, M. (2016). Pricing Decisions in Dual-Channel supply chain including monopolistic manufacture and duoplistic retailers: A game-theoretic approach. *Journal of industrial competition trade*, 16, 323-343.

Kai, J. (2016). Research on Cooperative Advertising Decisions in Dual-Channel Supply Chain Under Asymmetric Demand Information When Online Channel Implements Discount Promotion. *Management Science and Engineering*, 10(4), 13-19.

Ke, H., Huang, H. & Gao, X. (2018). Pricing decision problem in the dual-channel supply chain based on experts' belief degrees. *Soft Computing*, 22, 5683-5698.

Khan, P.W., Byun, Y.C. & Park, N. (2020). IoT-blockchain enabled optimized provenance system for food industry 4.0 using advanced deep learning. *Sensors*, 20(10), 2990.

Kilimci, ZH., Akyuz, A.O., Uysal, M., Akyokus, S., Uysal, M.O., Bulbul, B.A., Ekmis, M.A. (2019). An improved demand forecasting model using deep learning approach and proposed decision integration strategy for the supply chain. *Complexity*. https://doi.org/10.1155/2019/9067367

Koç, E. & Türkoğlu, M. (2021). Forecasting of medical equipment demand and outbreak spreading based on deep long short-term memory network: COVID-19 pandemic in Turkey. *Signal Image Video Process*, 16(3), 613-621. doi: 10.1007/s11760-020-01847-5.

Kotsiopoulos, T., Sarigiannidis, P., Ioannidis, D. & Tzovaras, D. (2021). Machine learning and deep learning in smart manufacturing: the smart grid paradigm. *Computer Science Review*, 40, 100341.

Lee, P. A. & Wen, X.G. (2008). Spin-triplet p-wave pairing in a three-orbital model for iron pnictide superconductors. *Physical Review*, 78(14), 144517.

Li, G., Li, L., Sethi, S. P., & Guan, X. (2019). Return strategy and pricing in a dual-channel supply chain. *International Journal of Production Economics*, 215, 153-164.

Liu, L., Parlar, M., Zhu, S. X. (2007). Pricing and lead time decisions in decentralized supply chains. *Management Science*, 53(5), 713-725.

Liu, Y., Feng, L. & Jin, B. (2020). Future-aware trend alignment for sales predictions. *Information*, 11(12), 558.

Liu, Y., Li, J., Ren, W.& Forrest, J.Y-L. (2020). Differentiated product pricing with consumer network acceptance in a dual-channel supply chain. *Electronic Commerce*, 39, 100915.

Lotfi, E. & Navidi, H. (2012). A decision support system for OPEC oil production level based on game theory and ANN. *Advances in Computational Mathematics and its Applications (ACMA)*, 2(1), 253-258.

Luo, L., Kannan, P. K. & Ratchford, B. T. (2007). New Product Development Under Channel Acceptance. *Marketing Science*, 26(2), 149–163.

Ma, J., Zhang, D., Dong, J., & Tu, Y. (2020). A supply chain network economic model with time-based competition. *European Journal of Operational Research*, 280(3), 889- 908.

Matinfar, F., Azadi Parand, F. & Looney, A. (2020). A review of game theory approaches in the intelligent distribution network with emphasis on collaborative gmaes. *Electronics Industries*, 10(3), 17-29. (*in Persian*)

Matsui, K. (2020). Optimal bargaining timing of a wholesale price for a manufacturer with a retailer in a dual-channel supply chain. *European Journal of Operational Research*, 287, 225-236.

Mocanu, E., Nguyen, P.H., Gibescu, M., Kling, W.L. (2016). Deep learning for estimating building energy consumption. *Sustain Energy Grids Netw*, 6, 91–99.

Modak, N. M. & Kelle, P. (2019). Managing a dual-channel supply chain under price and delivery-time dependent stochastic demand. *European Journal of Operational Research*, 272(1), 147-161.

Naeimi Siddiq, A., Chaharsooqi, K. & Sheikh Mohammadi, M. (2012). Designing a coordination model in a competitive supply chain using the game theory approach with and without cooperation. *Quarterly journal of industrial management*, 4(14), 108-118. (*in Persian*)

Navidi, H. & Rahmati, A. (2012). Presentation of the competitive model of multilateral sales in supply chains and its analysis using game theory, *10th International Industrial Engineering Conference*, Tehran. 1-7. (*in Persian*)

Nazari, L., Seifbarghy, M. & Setak, M. (2018). Modeling and analyzing pricing and inventory problem in a closed-loop supply chain with return policy and multiple manufacturers and multiple sales channels using game theory. *Scientia Iranica*, 25(5), 2759-2774.

Nikolopoulos, K., Punia, S., Schafers, A., Tsinopoulos, C. & Vasilakis, C. (2021). Forecasting and planning during a pandemic: COVID-19 growth rates, supply chain disruptions, and governmental decisions. *European Journal of Operational Research*, 290(1), 99–115.

Piccialli, F., Giampaolo, F., Prezioso, E., Camacho, D. & Acampora, G. (2021). Artificial intelligence and healthcare: forecasting of medical bookings through multi-source time-series fusion. *Information Fusion*, 74, 1–16.

Punia, S., Singh, S.P. & Madaan, J.K. (2020). A cross-temporal hierarchical framework and deep learning for supply chain forecasting. *Computers & Industrial Engineering*, 149:106796.

Qin, Y. L. & Xin, X. (2012). Research on the price prediction in the supply chain based on data mining technology. *International Symposium on Instrumentation & Measurement, Sensor Network and Automation (IMSNA)*, 460-463. doi: 10.1109/MSNA.2012.6324621.

Rahmani, D., Qaisari, M. & Hosseinnezhad, J. (2020). Joint decision on product greenness strategies and pricing in a dual-channel supply chain : A robust possibilistic approach. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120437. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120437

Ranjan, A. & Jha, J. (2019). Pricing and coordination strategies of a dual-channel supply chain considering green quality and sales effort. *Journal of Cleaner Production*, 218, 409-424.

Raza, S.A. & Madhumohan Govindaluri, S. (2019). Pricing strategies in a dual-channel green supply chain with cannibalization and risk aversion. *Operations Research Perspectives*, 6, 100118.

Rezvani, M. S., Amoozad Mahdiraji, H., Abbasian, E. & Mehregan, M. (2023). Evaluation of Cooperation Strategy in Financial Services Supply Chain Based on Prospect Theory and Game Theory. *Iranian Journal of Accounting, Auditing, and Finance*, 7(1), 93-108.

Rhim, H. & Cooper, L.G. (2005). Assessing Potential Threats to Incumbent Brands: New Product under Price Competition in A Multisegmented Market. *International Journal of Research in Marketing*, 22(2), 159-182.

Rimiene, K. (2011). Supply Chain Agility concept evolution (1990-2010). *Journal of Economics and Management*, 890-905.

Rzeczycki, A. (2022). Supply chain decision making with the use of game theory. *Procedia Computer Science*, 207, 3988-3997.

Setak, M., Kafshian Ahar, H. & Alaei, S. (2017). Coordination of Information Sharing and Cooperative Advertising in a Decentralized Supply Chain with Competing Retailers Considering Free Riding Behavior. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 10(2), 151-168.

Shafiee, M. & Farahgol P. (2019). Application of theory in supply chain analysis with customer market approach (case study: Fars cement). *Industrial management bstudies*,17(53), 185-217. (*in Persian*)

Shankar, S., Ilavarasan, P.V., Punia, S. & Singh, S.P. (2020). Forecasting container throughput with long short-term memory networks. *Industrial Management & Data Systems*, 120(3), 425–441.

Shi, S., Sun, J., & Cheng, T. (2020). Wholesale or drop-shipping: Contract choices of the online retailer and the manufacturer in a dual-channel supply chain. *International Journal of Production Economics*, 107618.

Simon Biaou, B. O., Oluwatope, A. O., Odukoya, H. O., Babalola, A., Ojo, O. E. & Sossou, E. H. (2020). Ayo game approach to mitigate free riding in peer-to-peer networks. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(6), 2451-2460.

Soleimani, F. (2016). Optimal pricing decisions in a fuzzy dual-channel supply chain. *Soft computing*, 20(1), 689-696.

Soltani Tehrani, E. & Daei Karimzadeh, S. (2015). Steel price forecast using models. *International conference on management and economics in 21century*, Tehran. (*in Persian*)

Strvulaki, E. & Dvis, M. (2010). Aligning product with supply chain processes and strategy. *The International journal of logistic management*, 21(1), 127-151.

Taleizadeh, A., Akhavan Niaki, S. & Wee, H. (2013). Joint single vendor single Buyer supply chain problem with stochastic demand and fuzzy lead-time. *Knowledge-based systems*, 48, 1-9.

Tang, Z. & Ge, Y. (2021). CNN model optimization and intelligent balance model for material demand forecast. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13, 978- 986.

Tirkolaee, E.B., Sadeghi, S., Mooseloo, F.M., Vandchali, H.R. & Aeini, S. (2021). Application of machine learning in supply chain management: a comprehensive overview of the main areas. *Mathematical Problems in Engineering*. https://doi.org/10.1155/2021/1476043

Toufighi, S. P., Mehregan, M. & Jafarnejad, A. (2020). Optimization of Iran's Production in Forouzan Common Oil Filed based on Game Theory. *Mathematics Interdisciplinary Research*, 5, 173-192.

Wang, J., Jian, H. & Yu, M. (2020). Pricing decisions in a dual-channel green supply chain with product customization. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119101.

Weng, T., Liu, W. & Xiao, J. (2019a). Supply chain sales forecasting based on lightGBM and LSTM combination model. *Industrial Management & Data Systems*,120(2), 265–279.

Wu, B., Wang, L., Wang, S. & Zeng, Y.R. (2021). Forecasting the U.S. oil markets based on social media information during the COVID-19 pandemic. *Energy*, 226:120403.

Wu, J., Zhang, J., Yi, W., Cai, H., Li, Y. & Su, Z. (2021). A game-theoretic analysis of incentive effects for China's agribiomass power generation supply chain. *Energies*, 14(3), 546.https://doi.org/10.3390/en14030546

Xu, H., Liu, Z.Z. & Zhang, S.H. (2012). A strategic analysis of dual-channel supply chain design with price and delivery lead time considerations. *International of Production Economics*, 139(2), 654-663.

Xu, Q., Liu, Z. & He, J. (2015). *Optimum Retail Pricing Based on Price Comparison in Dual-Channel Supply Chain.* (eds) LISS 2013. Springer, Berlin, Heidelberg.

Zhang, C., Liu, Y. & Han, G. (2021). Two-stage pricing strategies of a dual-channel supply chain considering public green preference. *Computers & Industrial Engineering*, 151, 106988.

Zhang, Y. & Hezarkhani, B. (2021). Competition in dual-channel supply chains: The manufacturers' channel selection. *European Journal of Operational Research*, 91(1), 244-262.

Zhou, J., Zhao, R. & Wang, W. (2019). Pricing decision of a manufacturer in a dual-channel supply chain with asymmetric information. *European Journal of Operational Research*, 278(3), 809-820.

Zougagh, N., Charkaoui, A. & Echchatbi, A. (2020). Prediction models of demand in supply chain. *Procedia Computer Science*, 177, 462-467.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی