Industrial Management Journal

Print ISSN: 2008-5885

Online ISSN: 2423-5369

Providing a Robust Dynamic Pricing Model and Comparing It with Static Pricing in Multi-level Supply Chains Using a Game Theory Approach

Sara Mehrjoo *

*Corresponding Author, Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Alborz Campus, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: sarah.mehrjoo@gmail.com

Hanan Amoozad Mahdirji

Assistant Prof., Department of Management of Technology and Innovation, Faculty of Industrial Management and Technology, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: h.amoozad@ut.ac.ir

Jalil Heidary Dahoei

Associate Prof., Department of Operations Management and Decision Science, Faculty of Industrial Management and Technology, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: heidaryd@ut.ac.ir

Seyyed Hossein Razavi Haji Agha

Associate Prof., Department of Management, Faculty of Management and Finance, Khatam University, Tehran, Iran. E-mail: h.razavi@khatam.ac.ir

Mahnaz Hosseinzadeh

Associate Prof., Department of Operations Management and Decision Science, Faculty of Industrial Management and Technology, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mhosseinzadeh@ut.ac.ir

Abstract

Objective

Designing a multi-level supply chain network with efficient product flow management is an important issue in supply chain management. Determining the price of products, which can be affected by different factors such as environmental uncertainty, will have a significant impact on the strategic decision of designing the supply chain network. In recent research on dynamic pricing, the majority focused on two-level supply chains, exploring the impact of advertising on the supply chain. In this study, the levels of the supply chain are upgraded to three levels, and the advertising and inventory variables as well as the pricing issue in the supply chain are investigated. Hence, the overarching objective is to scrutinize the coordination of a supply chain involving three variables: advertising, warehouse inventory, and a comparison between static and dynamic pricing. Given the accelerated expansion of e-

commerce, dynamic pricing emerges as a potent strategy for profit augmentation within the supply chain, an aspect that has received comparatively less attention. The supply chain in this research includes three levels: producer, supplier, and retailer. In addition, many sources, including Chen et al, 2018, have indicated that dynamic pricing is being used in many innovative businesses, that 60% of market development managers around the world are familiar with dynamic pricing methods, and that 35% of CEOs and business managers plan to base all their pricing models on dynamic pricing methods in the next three years. This research initially aims to provide a stable model for dynamic pricing and compare it with static pricing in multi-level supply chains using a game theory approach. Secondly, it examines the theoretical foundations, thirdly, the research methodology is presented, and fourthly, the discussion and conclusions are discussed.

Methods

The present research falls under the category of applied research. It considers discount-oriented models to examine the planning horizon, the use of dynamic pricing in some actors at one level of the chain from the concept of dynamic pricing, and the use of static pricing by others at the same level and considering the demand in a non-deterministic (stable) manner. Finally, the use of Stackelberg's game is presented to examine the core of the game and the Nash equilibrium point. The robust optimization model is presented by Malloy et al. Initially, the model introduces symbols: x as the vector of design variables, and y as the vector of control variables. Parameters A, B, and C are coefficient parameters, while b and e are parameter vectors. Values for A and B are predetermined, and B, C, and e involve uncertainty. A particular understanding of the parameter is called scenario uncertainty, which is assigned the symbol s, and its probability is specified by ps. K retailers operate in the supply chain, and each retailer supplies the desired product from only one manufacturer. In general, the outcome for each retailer is the disparity between their income and expenses. In such a situation, the retailer faces ordering, holding, and marketing costs for each product. The profit margin of each retailer is the difference between the price paid to the manufacturer for the bulk purchase and the selling price to the customer. It is worth noting that considering that the final product of each manufacturer is sent to only one retailer, the number of manufacturers and retailers is equal. For data analysis, a genetic algorithm, particle accumulation optimization, and MATLAB software were employed. Initially, the model underwent analysis in static mode, followed by dynamic mode analysis using Games software. Ultimately, the outcomes of the two pricing methods were compared.

Results

This article introduces the development of a stochastic demand function utilizing genetic algorithms and particle optimization. It presents two distinct single-period models designed for a competitive environment. In the first model, retailers have only an intermediary role and do not decide on pricing or optimal order quantity. In the mentioned model, it is assumed that retailers transfer the demand exactly and to the same extent as it is from the customers to the suppliers. Based on the amount of their production, suppliers face shortages and excess supply. The purpose of this model is to determine the optimal and desirable amount of production as well as the price for each supplier. In addition, routing costs are approximated. The results indicate that the presented approximation is very accurate and evaluates the equilibrium point in much less time than the original model. In the second

model, retailers are assumed to incur shortage or maintenance costs according to the number of orders they send. Here, the suppliers determine the final price, and the goal of the retailers is to determine the optimal amount of the order. In this model, it is assumed that suppliers' production is customized, and inventory costs are considered only for retailers. A noteworthy aspect of this model is the emphasis on dynamic pricing—an inherently crucial and intricate element within the domain of supply chain dynamics theory

Conclusion

The results underscore the substantial efficacy of the proposed combination in addressing the multi-level supply chain network design model with both dynamic and static pricing. The sensitivity analysis of the manufacturer's profit showed that the changes indicating an increase in the market base of a manufacturer will lead to an increase in profit for both manufacturers. The graph of the change in the producer's profit compared to the change in the costs showed that a decrease in the production cost leads to an increase in the profit for the producer, while the profit of the next producer decreases in these conditions. Like the producer's profit, the distributor's profit also increases with the market base. Expanding the market base not only leads to an increase in the distributor's profit through collaboration with producers but also occurs through two distinct mechanisms. Firstly, there's a profit increase due to raising retailer prices. Although wholesale prices increase with the expanded market base and heightened demand, the distributor, to maintain balance, can elevate retail prices at a higher ratio. Consequently, the value of the pi-wi term increases. Secondly, there's a profit increase resulting from boosting sales volume. The distributor's profit is positively influenced by the increase in sales volume, thereby reinforcing the overall financial outcome.

Keywords: Game theory, Multi-level supply chain, Pricing, Robust modeling.

Citation: Mehrjoo, Sara; Amoozad Mahdirji, Hanan; Heidary Dahoei, Jalil; Razavi Haji Agha, Seyyed Hossein & Hosseinzadeh, Mahnaz (2023). Providing a Robust Dynamic Pricing Model and Comparing It with Static Pricing in Multi-level Supply Chains Using a Game Theory Approach. *Industrial Management Journal*, 15(4), 534-565. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2023, Vol. 15, No 4, pp. 534-565
Published by University of Tehran, Faculty of Management
https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.362799.1008066
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: July 24, 2023
Received in revised form: October 22, 2023
Accepted: December 10, 2023
Published online: January 20, 2024

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

ارائه مدلی استوار برای قیمت‌گذاری پویا و مقایسه آن با قیمت‌گذاری ایستا در زنجیره‌های تأمین چندسطحی با رویکرد تئوری بازی‌ها

سارا مهرجو *
* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مدیریت صنعتی، پردیس البرز دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: sarah.mehrjoo@gmail.com

حنان عموزاد مهدیرجی
استادیار، گروه مدیریت تکنولوژی و نوآوری، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: h.amoozad@ut.ac.ir

جلیل حیدری دهوئی
دانشیار، گروه آموزشی مدیریت عملیات و علوم تصمیم، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری ، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: heidaryd@ut.ac.ir

سید حسین رضوی حاجی آقا
دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و مالی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران. رایانامه: h.razavi@khatam.ac.ir

مهناز حسین‌زاده
دانشیار، گروه آموزشی مدیریت عملیات و علوم تصمیم، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری ، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mhosseinzadeh@ut.ac.ir

چکیده

هدف: طراحی شبکه زنجیره تأمین چند سطحی با هدف مدیریت کارای جریان محصولات، یکی از موضوعات مهم در مدیریت زنجیره تأمین است. تعیین قیمت محصولات که می‌تواند تحت تأثیر عوامل متفاوتی همچون عدم‌قطعیت محیطی باشد، تأثیر بسزایی بر تصمیم استراتژیک طراحی شبکه زنجیره تأمین خواهد داشت. بیشتر تحقیقات انجام‌شده در خصوص قیمت‌گذاری پویا، مربوط به زنجیره‌های تأمین دوسطحی بوده‌اند و به تأثیر تبلیغات در زنجیره تأمین پرداخته‌اند. در این پژوهش تلاش می‌شود که سطوح زنجیره تأمین، به سه سطح ارتقا یابد و متغیرهای تبلیغات و موجودی انبار و همچنین، مسئله قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین بررسی خواهند شد. پس هدف کلی، بررسی هماهنگی زنجیره تأمین با سه متغیر مرتبط با تبلیغات، موجودی انبار و مقایسه قیمت‌گذاری ایستا و پویاست (با توجه به رشد سریع تجارت الکترونیک، قیمت‌گذاری پویا، فعالیت قدرتمندی برای افزایش سود در زنجیره تأمین است که کمتر به این مسئله پرداخته شده است)، زنجیره تأمین در این پژوهش سه سطح را شامل می‌شود: تولیدکننده، تأمین‌کننده، خرده‌فروش. همچنین منابع زیادی از جمله چن و همکارانش (۲۰۱۸) اشاره کرده‌اند که در بسیاری از کسب‌وکارهای نوآورانه، از قیمت‌گذاری پویا استفاده می‌شود و ۶۰ درصد از مدیران توسعه بازار در سراسر دنیا با روش‌های قیمت‌گذاری پویا آشنایی دارند و ۳۵ درصد از مدیرعاملان و مدیران کسب‌وکار قصد دارند که در سه سال آینده، کلیه مدل‌های قیمت‌گذاری خود را مبتنی روش‌های قیمت‌گذاری پویا طراحی کنند. در پژوهش حاضر نیز هدف ارائه مدلی استوار برای قیمت‌گذاری پویا و مقایسه آن با قیمت‌گذاری ایستا در زنجیره‌های تأمین چندسطحی با رویکرد تئوری بازی‌ها است.

روش: پژوهش حاضر از نوع کاربردی است. برای بررسی افق برنامه‌ریزی، استفاده از قیمت‌گذاری پویا، در برخی از بازیگران در یک سطح از زنجیره از مفهوم قیمت‌گذاری پویا و استفاده دیگران در همان سطح از قیمت‌گذاری ایستا و با در نظر گرفتن تقاضا به‌صورت غیرقطعی (استوار)، در نظر گرفتن مدل‌های تخفیف‌محور و در نهایت استفاده از بازی استکلبرگ برای بررسی هسته بازی و نقطه تعادل نش، در دستور کار قرار گرفت. مدل بهینه‌سازی استوار را مالوی و همکارانش ارائه کرده‌اند. در حالت کلی، پیامد هر خرده‌فروش حاصل تفاضل درآمدهای وی از

هزینه‌های اوست. در چنین شرایطی، خرده‌فروش با هزینه‌های سفارش، هزینه‌های نگهداری و همچنین، هزینه‌های بازاریابی صرف شده برای هر محصول مواجه است. از سوی دیگر، حاشیه سود هر خرده‌فروش حاصل تفاضل قیمت پرداخت شده به تولیدکننده، برای خرید انبوه از قیمت فروش به مشتری است. شایان ذکر است که با توجه به اینکه محصول نهایی هر تولیدکننده، فقط برای یک خرده‌فروش ارسال می‌شود، تعداد تولیدکنندگان و خرده‌فروشان برابر است. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی تجمع ذرات و نرم‌افزار متلب استفاده شد. ابتدا مدل در حالت ایستا و سپس در حالت پویا با نرم‌افزار گمز تجزیه‌وتحلیل و در نهایت، نتایج دو روش قیمت‌گذاری با یکدیگر مقایسه شد.

یافته‌ها: در مقاله حاضر با ایجاد یک تابع تقاضای تصادفی بر مبنای الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی ذرات، دو مدل احتمالی تک‌دوره‌ای در یک فضای رقابتی ارائه می‌شود. در مدل نخست، خرده‌فروشان فقط نقش واسطه‌ای دارند و برای قیمت‌گذاری یا مقدار بهینه سفارش تصمیم نمی‌گیرند. در مدل یادشده، فرض بر این است که خرده‌فروشان تقاضا را دقیقاً و به همان میزانی که هست از مشتریان به تأمین‌کنندگان انتقال دهند. تأمین‌کنندگان برمبنای میزان تولید خود با کمبود و مازاد عرضه روبه‌رو می‌شوند. هدف این مدل، تعیین مقدار بهینه و مطلوب تولید و همچنین، قیمت برای هر تأمین‌کننده است. علاوه‌بر این، در این مدل هزینه‌های مسیریابی به‌روش تقریبی وارد مدل شده است. نتایج محاسبات حاکی از آن است که تقریب ارائه‌شده بسیار دقیق است و نقطه تعادل را در زمان بسیار کمتری نسبت به مدل اصلی ارزیابی می‌کند. در مدل دوم، فرض بر این است که خرده‌فروشان با توجه به تعداد سفارش‌هایی که ارسال می‌کنند، متحمل هزینه‌های کمبود یا نگهداری می‌شوند. در این مدل نیز تأمین‌کنندگان قیمت نهایی را تعیین می‌کنند و هدف خرده‌فروشان، تعیین مقدار بهینه سفارش است. در این مدل، فرض بر این است که تولید تأمین‌کنندگان سفارشی شده و هزینه‌های موجودی، فقط برای خرده‌فروشان لحاظ می‌شود. موضوع مهمی که در رابطه با این مدل انجام شده، توجه به قیمت‌گذاری پویاست که همواره در مباحث مطرح‌شده در حوزه تئوری پویایی زنجیره تأمین، اهمیت و البته پیچیدگی زیادی دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج از کارایی معنادار ترکیبی ارائه‌شده، برای حل مدل طراحی شبکه زنجیره تأمین چند سطحی با قیمت‌گذاری پویا و ایستا حکایت دارد. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نشان داد که تغییرات باعث خواهد شد که افزایش در مبنای بازار یک تولیدکننده، به افزایش سود برای هر دو تولیدکننده منجر شود. نمودار تغییر در سود تولیدکننده نسبت به تغییر در هزینه‌ها، نشان داد که کاهش در هزینه تولید، به افزایش سود برای تولیدکننده منجر می‌شود، این در حالی است که سود تولیدکننده بعدی، در این شرایط کاهش می‌یابد. سود تأمین‌کننده نیز همانند سود تولیدکننده با افزایش مبنای بازار افزایش می‌یابد. افزایش مبنای بازار همچنین سبب می‌شود که سود تأمین‌کننده از بابت همکاری با تولیدکننده‌ها افزایش یابد. این افزایش سود، از دو طریق مختلف اتفاق می‌افتد. افزایش سود به جهت افزایش قیمت خرده‌فروش: هرچند قیمت عمده‌فروشی، به‌خاطر افزایش مبنای بازار و در نتیجه افزایش تقاضا افزایش می‌یابد، از طرفی، به‌خاطر افزایش در سطح خدمات به‌منظور ایجاد تعادل در بازی، تأمین‌کننده با نسبت بیشتری قادر به افزایش قیمت خرده‌فروشی است. در نتیجه مقدار عبارت pi-wi افزایش می‌یابد. افزایش سود به جهت افزایش حجم فروش: به‌طور مسلم افزایش مبنای بازار، روی میزان فروش تأثیر بسزایی دارد و باعث افزایش آن می‌شود. سود تأمین‌کننده نیز تابعی صعودی از حجم فروش است.

کلیدواژه‌ها: تئوری بازی‌ها، زنجیره تأمین چندسطحی، قیمت‌گذاری، مدل‌سازی استوار.

استناد: مهرجو، سارا؛ عموزاد مهدیرجی، حنان؛ حیدری دهوئی، جلیل؛ رضوی حاجی آقا، سید حسین و حسین‌زاده، مهناز (۱۴۰۲). ارائه مدلی استوار برای قیمت‌گذاری پویا و مقایسه آن با قیمت‌گذاری ایستا در زنجیره‌های تأمین چندسطحی با رویکرد تئوری بازی‌ها. *مدیریت صنعتی*، ۱۵(۴)، ۵۳۴- ۵۶۵.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۲، دوره ۱۵، شماره ۴، صص. ۵۳۴- ۵۶۵
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.362799.1008066

مقدمه

زنجیره‌های تأمین امروزه به یکی از پارادایم‌های غالب در عرصه کسب‌وکار تبدیل شده‌اند. فارستر که بسیاری او را پایه‌گذار موضوع زنجیره‌های تأمین می‌دانند، در سال ۱۹۵۸ ایده‌ای با این مضمون را عنوان کرد که: «موفقیت سازمان‌ها در گرو تعامل و تبادل اثربخش جریان اطلاعات، مواد، سرمایه، نیروی انسانی و تجهیزات در میان آن‌هاست». این ایده با گذشت زمان به نظریه‌ای غالب و انکارناپذیر در حوزهٔ کسب‌وکار تبدیل شده است (کاچون و فلدمن[1]، ۲۰۲۳). بسیاری از صاحب‌نظران معتقدند که رقابت بین سازمان‌ها و شرکت‌ها در دهه‌های گذشته، به رقابت میان زنجیره‌ها در عصر حاضر تبدیل شده است. در واقع، بخش عمده‌ای از تعمیم و گسترش این زمینه، در دو دههٔ اخیر صورت گرفته و بسیاری از سازمان‌های بزرگ بین‌المللی، نظیر سیسکو[2]، دل[3]، نایک[4]، پروکتراند گامبل[5] و زارا[6] از آن بهره‌مند شده‌اند (فنگ، ژانگ و تانگ[7]، ۲۰۲۳).

مدل جامعی در خصوص تبیین مسائل و موضوع‌های زنجیرهٔ تأمین وجود ندارد؛ اما مروری بر مبانی نظری این زمینه نشان می‌دهد که مسائلی نظیر سیستم‌های اطلاعاتی، بازاریابی، مدیریت مالی، موضوع‌های لجستیکی و روابط بین سازمانی، از زمینه‌های مورد توجه پژوهشگران در این حوزه بوده است. هدف از مدیریت زنجیرهٔ تأمین، بهبود فعالیت‌های مختلف اجزا و سطوح یک زنجیرهٔ تأمین به‌منظور بهبود وضع کلی سیستم زنجیرهٔ تأمین است. در این هنگام، ممکن است بین اهداف اجزا و سطوح مختلف در جهت رسیدن به اهداف کلی زنجیرهٔ تأمین، تضادها و تناقض‌های بسیاری مشاهده شود که این اختلال‌ها و تناقض‌ها، به مرور زمان، به کاهش قدرت و رقابت‌پذیری زنجیرهٔ تأمین منجر خواهد شد (گومس، ون، ژون و جی[8]، ۲۰۲۳). از جمله تعارض‌ها می‌توان به هزینه‌های بازاریابی (تبلیغات)، قیمت‌گذاری و موجودی اشاره کرد. روش‌ها و رویکردهای بسیاری را می‌توان برای ایجاد همکاری در زنجیرهٔ تأمین و تعیین مقادیر بهینه موجودی و قیمت برای سطوح مختلف زنجیرهٔ تأمین استفاده کرد. رویکرد نظریه بازی‌ها با توجه به ویژگی‌هایی که دارد، ابزاری مناسب برای ایجاد همکاری در زنجیره‌های تأمین است. این ابزار هم برای زنجیره‌های تأمین همکارانه و هم برای زنجیره‌های تأمین غیرهمکارانه قابلیت استفاده گسترده‌ای دارد (جابر و برتینی[9]، ۲۰۲۳).

در اغلب پژوهش‌های مربوط به قیمت‌گذاری پویا، زنجیره‌های تأمین دوسطحی بوده‌اند و تأثیر تبلیغات در زنجیرهٔ تأمین بررسی شده است. در این پژوهش تلاش می‌شود سطوح زنجیرهٔ تأمین به سه سطح ارتقا یابد و متغیرهای تبلیغات و موجودی انبار و همچنین، مسئله قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین بررسی خواهد شد. پس هدف کلی، بررسی هماهنگی زنجیرهٔ تأمین با سه متغیر مرتبط با تبلیغات، موجودی انبار و مقایسهٔ قیمت‌گذاری ایستا و پویاست (با توجه به رشد سریع تجارت الکترونیک، قیمت‌گذاری پویا به فعالیت قدرتمندی برای افزایش سود در زنجیرهٔ تأمین تبدیل شده است که کمتر

1. Cachon & Feldman
2. Cisco
3. Dell
4. Nike
5. Procter & Gamble
6. Zara
7. Feng, Zhang & Tang
8. Gumus, Wen, Zhon & Ji
9. Jabber & Bertini

به این مسئله پرداخته شده است). زنجیرهٔ تأمین در این پژوهش، سه سطح را شامل می‌شود: تولیدکننده، تأمین‌کننده، خرده‌فروش. همچنین منابع زیادی، از جمله چن و فاریاس[1] (۲۰۱۸) اشاره کرده‌اند که در بسیاری از کسب‌وکارهای نوآورانه، از قیمت‌گذاری پویا استفاده می‌شود و ۶۰ درصد از مدیران توسعه بازار در سراسر دنیا با روش‌های قیمت‌گذاری پویا آشنایی دارند و ۳۵ درصد از مدیرعاملان و مدیران کسب‌وکار قصد دارند که در سه سال آینده، کلیه مدل‌های قیمت‌گذاری خود را مبتنی روش‌های قیمت‌گذاری پویا طراحی کنند. در پژوهش حاضر نیز، هدف ارائه مدلی استوار برای قیمت‌گذاری پویا و مقایسه آن با قیمت‌گذاری ایستا در زنجیره‌های تأمین چندسطحی با رویکرد تئوری بازی‌هاست. در بخش دوم پیشینهٔ نظری بررسی می‌شود. بخش سوم به روش‌شناسی پژوهش اختصاص یافته است. در بخش چهارم به یافته‌ها ارائه شده است و در بخش پنجم نتیجه‌گیری بیان خواهد شد.

پیشینهٔ نظری پژوهش

زنجیرهٔ تأمین شامل کلیه مراحل مربوط به حمل‌ونقل و جریان کالا از مرحله مواد اولیه تا مصرف‌کنندگان نهایی و همچنین جریان اطلاعات مربوط به آن‌هاست (فریز و هان[2]، ۲۰۱۹). موضوع اصلی در زنجیرهٔ تأمین، شامل اقدامات مدیریت آن و کنترل هماهنگ کلیه این فعالیت‌هاست. خرید، تولید، تأمین، ذخیره‌سازی و فروش، پنج فرایند کلیدی زنجیرهٔ تأمین است (وی، لی و یانگ[3]، ۲۰۱۳). شرکت، فرایند، فناوری و شایستگی زنجیرهٔ تأمین را از طریق لجستیک (پشتیبانی) برای بهبود مزیت‌های رقابتی خود استفاده می‌کند (جابر[4]، ۲۰۱۸). اقدامات زنجیرهٔ تأمین، مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی تعریف می‌شود که در یک سازمان برای مدیریت مؤثر و مفید زنجیرهٔ تأمین انجام می‌شود. ابعاد مختلفی برای اقدامات زنجیرهٔ تأمین وجود دارد که بر شرکای زنجیرهٔ تأمین تأثیر می‌گذارد (دی، یانگ و وو[5]، ۲۰۱۸). تجزیه‌وتحلیل چندسطحی برای پژوهش‌هایی استفاده می‌شود که در آن‌ها، دو یا سه سطح مختلف در ایجاد یک مشکل یا یک پدیده مطلوب دخیل است. روش مداخله نیز به این صورت است که یک عامل یا علت از سطح بالاتر به‌عنوان متغیر تعدیل‌کننده در رابطه بین تأثیرگذاری دو متغیر مستقل و وابسته در سطح پایین‌تر عمل می‌کند و باعث تشدید یا تضعیف این رابطه می‌شود.

در فضای رقابتی کنونی، داشتن یک زنجیرهٔ تأمین کارآمد و مؤثر، برای بنگاه‌ها مزیت رقابتی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند ضامن سازمان‌ها را در بازار تضمین کند. یکی از راه‌های تحقق این هدف، افزایش بهره‌وری و اثربخشی فعالیت‌های لجستیکی زنجیرهٔ تأمین است (لیو و کوپر[6]، ۲۰۱۵). آنچه در جریان سنتی کالا اهمیت دارد و مدیران بر آن تأکید کرده‌اند، حرکت رو به جلوی مواد و کالاهای تولید شده است که به‌طور عمده، از سمت تأمین‌کنندگان، به‌سمت تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان، خرده‌فروشان و در نهایت مشتریان سرازیر می‌شود. اما در بسیاری از صنایع، جریان مهم دیگری نیز در زنجیره‌های تأمین وجود دارد که به‌صورت معکوس شکل می‌گیرد؛ زیرا محصولات از سطوح پایینی زنجیرهٔ

1. Chen, & Farias
2. Friesz & Han
3. Wee, Lee & Yang
4. Jabber
5. Dye, Yang, & Wu
6. Liu & Cooper

تأمین به سطوح بالاتر جریان می‌یابند (آگوستین[1]، ۲۰۱۸). عرضهٔ کالاهای با کیفیت‌تر بهتر نسبت به سایر رقبا و استفاده از گام‌های صحیح در انتخاب استراتژی جهت کسب موقعیت مطلوب در مقابل رقبا، از اصول مهم دستیابی به سودآوری در مدل کسب‌وکار محسوب می‌شود؛ بنابراین یک بنگاه باید بتواند محصولات خود را به‌گونه‌ای قیمت‌گذاری کند که توانایی کسب درآمدی متناسب با ارزش ارائه شده به مشتری را داشته باشد و در نتیجه جایگاه خود را نسبت به مشتریان، کالاهای مکمل، رقبا و تازه واردان بالقوه حفظ کند. قیمت‌گذاری مهم‌ترین بخش از مدل کسب‌وکار است و تصمیم‌گیری در خصوص آن، روی سودآوری شرکت تأثیر زیادی دارد (ژو و لیو[2]، ۲۰۱۴). قیمت‌گذاری پویا یک استراتژی تجاری و کسب‌وکار است که قیمت محصولات را بر اساس یک الگوی زمان‌بندی شده تنظیم می‌کند تا خدمات مناسب را در زمان مناسب به مشتریان ارائه دهد (لین و هو[3]، ۲۰۱۱). این روش قیمت‌گذاری معمولاً در زمان‌های عدم اطمینان و عرضه و تقاضای فصلی و برای افزایش درآمد مورد استفاده قرار می‌گیرد. صنایع مختلف می‌توانند از راه‌کار قیمت‌گذاری پویا استفاده کنند؛ گروه اول صنایعی هستند که دارای کالاهای با طول عمر کوتاه، همانند مواد غذایی، کالاهای الکترونیکی و پوشاک مُد هستند؛ دستهٔ دوم، صنایع خدماتی هستند که درآمد حاصل از خدمات ارائه شده در آن‌ها، به دوره زمانی مشخصی تعلق ندارد و این خدمات در بازه‌های زمانی مختلف در دسترس و سودآور است؛ همانند خطوط هوایی، هتل‌ها، نشست‌ها، امکانات و تسهیلات سرگرمی و تفریحی، تعطیلات مسافرتی دریایی و بلیط‌های قطارها، تئاترها، کنسرت‌ها، سینماها و ورزشگاه‌ها (رانا و اولیویر[4]، ۲۰۱۴).

قیمت‌گذاری پویا و کاربرد آن، از دههٔ ۱۹۷۰ و در دو بخش هتل‌داری و خطوط هوایی، در قالب نوعی علاقه‌مندی تحقیقاتی پدیدار شد. در سال ۱۹۷۸ پس از اینکه کنگرهٔ آمریکا، قانون مقررات‌زدایی را از صنعت هوایی تصویب کرد، تحقیقات علمی و کاربردی در مورد موضوع قیمت‌گذاری پویا توسعه یافت. بعدها در دههٔ ۱۹۸۰، تحقیقات مربوط به قیمت‌گذاری پویا در بخش‌هایی مانند اجارهٔ اتومبیل، ارتباطات، سفرهای دریایی، هتلداری و در نهایت در دههٔ ۱۹۹۰ در صنعت خرده‌فروشی، تجهیزات الکترونیکی و ارتباطات نیز رشد و توسعه پیدا کرد (دکسیت و لیدکا[5]، ۲۰۱۳). به‌گفتهٔ تامپسون[6] (۲۰۱۸) قیمت‌گذاری پویا روشی از مدیریت منابع محسوب می‌شود که هدف آن، دستکاری سودآور قیمت و طول عمر از طریق نظارت بر عرضه است.

یکی از نقش‌های برجسته و پرکاربرد نظریهٔ بازی‌ها در زنجیره‌های تأمین، چگونگی تأثیر آن بر ایجاد همکاری و هماهنگی سطوح مختلف است. در این راستا، پس از مطالعهٔ پیشینهٔ پژوهش، بیان این نکات اهمیت دارد:

- برخی از قراردادهای ایجاد همکاری در زنجیرهٔ تأمین (با کمک نظریه بازی‌ها) به‌دنبال ایجاد هماهنگی و همکاری با استفاده از تقسیم سود، تقسیم درآمد، مشارکت در سرمایه‌گذاری، مشارکت در سود، مشارکت یا تقسیم هزینه‌ها یا ایجاد هماهنگی‌های منصفانه‌اند.

1. Agostine
2. Xu & Liu
3. Lin & Ho
4. Rana & Oliveira
5. Deksnytė & Lydeka
6. Thompson

- گروه دوم، قراردادهایی هستند که با هدف همکاری و هماهنگی و به‌کمک نظریه بازی‌ها منعقد می‌شوند و به‌دنبال ارتقای فروش یا توسعهٔ وضعیت زنجیرهٔ تأمین، به‌کمک قراردادهای انتخابی و پیشنهادهای خاص هستند.
- گروه سوم، قراردادهایی هستند که با هدف همکاری و هماهنگی و به‌کمک نظریه بازی‌ها بررسی می‌شوند، حالت‌هایی که در آن امکان ارجاع کالا، بازپس‌گیری کالا یا برهم‌زدن سفارش وجود دارد.
- گروه چهارم، قراردادهایی هستند که با هدف همکاری و هماهنگی و به‌کمک نظریه بازی‌ها، وضعیت‌های پیش‌خرید، مشارکت در طراحی محصول، مشارکت در تسهیم اطلاعات و مواردی از این قبیل را بررسی می‌کنند.
- گروه پنجم قراردادهایی هستند که با هدف همکاری و هماهنگی و به‌کمک نظریه بازی‌ها، مدل‌های تخفیف مختلف و نحوهٔ تأثیر آن‌ها بر سودآوری سطوح و کلیت زنجیرهٔ تأمین را بررسی می‌کنند.

در جدول ۱ مطالعات و پیشینهٔ پژوهش‌های مرتبط با موضوع یادشده، بر اساس چارچوب پیشنهادی درج شده است.

جدول ۱. مروری بر پژوهش‌های مشابه

کلیات پژوهش		بازی پژوهش	شرایط پژوهش			خروجی‌های پژوهش	
دانشمندان/ زمان	رویکرد/ ابزار/ قرارداد	نوع/ حالت	پیش‌فرض‌ها	سطوح/ عمق زنجیرهٔ تأمین	متغیرهای بررسی شده	اعتبارسنجی	هدف/ خروجی
فنگ، ژانگ، تانگ[1] (۲۰۲۳)	تعادل نش مشارکت در درآمد	ایستا/ کامل/ غیرتکراری	تقاضا غیرقابل پیش‌بینی سه سطح با یک تولیدکننده، یک تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش متغیر: قیمت/ مقدار سفارش و خرید			همکاری در زنجیرهٔ تأمین با استفاده از قرارداد مشارکت در درآمد	
جیاژن و کین[2] (۲۰۰۸)	تعادل نش مشارکت در درآمد	همکارانه/ غیرتکراری/ پویا/ متوالی/ استکلبرگ	دو سطحی با یک تأمین‌کننده و یک خریدار متغیر: قیمت‌ها/ مقادیر سفارش و خرید			همکاری در زنجیرهٔ تأمین با استفاده از قرارداد مشارکت در درآمد	
کچون و لاریویر[3] (۲۰۰۵)	قرارداد مرجوعی و فروش انبوه	همکارانه/ ایستا/ کامل/ غیرتکراری	تقاضای تصادفی دو سطحی با یک یا چند خرده‌فروش و یک تأمین‌کننده متغیر: قیمت‌ها/ سود بازیکنان			مقایسه سه نوع قرارداد همکاری در زنجیرهٔ تأمین	
سرکیس[4] (۲۰۲۴)	تعادل نش مشارکت در سود	ایستا/ کامل/ غیرتکراری	دو حالت سیستم متمرکز و غیرمتمرکز در زنجیرهٔ تأمین، چند محصولی دو سطحی معین و محدود متغیر: قیمت‌های بازیکنان			مقایسه حالت متمرکز با حالت غیرمتمرکز در همکاری با قرارداد مشارکت	

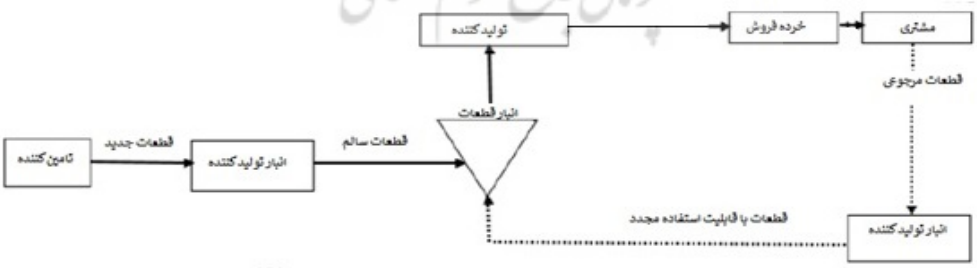
1. Feng, Zhang & Tang
2. Jiazhen & Qin
3. Cachon & Lariviere
4. Serkis

کلیات پژوهش		بازی پژوهش	شرایط پژوهش			خروجی‌های پژوهش	
دانشمندان/ زمان	رویکرد/ ابزار/ قرارداد	نوع/ حالت	پیش‌فرض‌ها	سطوح/ عمق زنجیرهٔ تأمین	متغیرهای بررسی شده	اعتبارسنجی	هدف/ خروجی
پنگ، عموزاد مهدیرجی، گویندان و میدوته[1] (۲۰۱۳)	بهینه‌سازی مشارکت در درآمد	پویا/ کامل/ غیرتکراری/ همکارانه	تقاضا به قیمت وابسته است سه سطحی با یک تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش متغیر: قیمت‌های بازیکنان/ موجودی بازیکنان/ سفارش‌ها			آنالیز حساسیت و مقایسه متمرکز با غیرمتمرکز در همکاری با قرارداد مشارکت در درآمد	
شن و پانگ[2] (۲۰۲۰)	تعادل استکلبرگ تعادل پارتو	نش/ استکلبرگ	عدم قطعیت در تقاضا و عرضه، کالا با طول عمر کوتاه یک تأمین‌کننده و یک تولیدکننده متغیر: قیمت‌ها/ تولید/ سفارش			مقایسه نتایج سه نوع قرارداد مبتنی بر ظرفیت، مشارکت در سود و سرمایه‌گذاری مشترک	
باهینیپاتی، کاندا و دشموخ[3] (۲۰۱۹)	مشارکت در درآمد مدل شیپلی	همکارانه/ غیرتکراری/ پویا/ متوالی	دو سطحی با یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش متغیر: قیمت‌های بازیکنان			مطالعه مورد در صنعت رسانه‌ای در هندوستان طراحی فرایند چانه‌زنی برای ایجاد همکاری منصفانه در زنجیرهٔ تأمین	
جابر و برتینی (۲۰۱۸)[4]	قرارداد تخفیف، مشارکت در سود	رویکرد غیر نظریه بازی	تقاضا وابسته به قیمت، کمبود غیرمجاز یک تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش متغیر: قیمت‌های خرید و فروش/ میزان تخفیف/ اندازه سفارش			مقایسه دو نوع قرارداد قرارداد در حالت تخفیف و مشارکت در سود نتایج بهتری دارد	
حسین‌زاده کاشان و سردشتی (۱۴۰۲)	استکلبرگ	الگوریتم قهرمانی	استراتژی‌های قیمت‌گذاری در یک زنجیرهٔ تأمین دوسطحی، شامل یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش رقابتی، با تقاضای وابسته به قیمت، طول دوره وارانتی و سطح کیفیت			استراتژی همکاری تحلیل حساسیت اعتبارسنجی	
صبوری، نصیری و صالحی (۱۴۰۲)	همکارانه	مدل برنامه‌ریزی غیرخطی	حساسیت قیمتی تقاضا و حساسیت مرجوعی تقاضا، بر متغیرهای تصمیم، از جمله قیمت فروش خرده‌فروشان، قیمت مرجوعی، مدت زمان تحویل و سود کل زنجیرهٔ تأمین			به‌کارگیری سیاست مرجوعی کالا اعتبارسنجی	
تیموری، امیری، الفت و زندیه (۱۳۹۹)	همکارانه	الگوریتم ژنتیک	متغیر تصادفی تقاضا، میزان سود			مسئله انتخاب تأمین‌کننده، تخصیص سفارش و قیمت‌گذاری، به خرده‌فروشان برای بهبود تصمیم‌گیری	
مجیبیان و خدیور (۱۳۹۵)	استکلبرگ	مدل برنامه‌ریزی دوسطحی	قیمت‌گذاری وابسته به تقاضا یک تأمین کننده و یک تولید کننده متغیر: قیمت، محصول، میزان سفارش			اطلاعات مربوط به خوشهٔ سنگ استان تهران قیمت‌گذاری طراحی‌شده	

1. Peng, Amoozad Mahdiraji, Govindan & Midute
2. Schen & Pang
3. Bahinipati, Kanda & Deshmukh

با توجه به ادبیات بررسی‌شده در مورد استراتژی قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین، در بیشتر این موارد تلاش شده است تا مدلی ارائه شود که بتواند اثر متغیرهای مختلف مانند استراتژی قیمت‌گذاری، کنترل موجودی، زمان تحویل کالا، هزینه‌های تبلیغات و سایر موارد را بر هماهنگی زنجیرهٔ تأمین، افزایش سود، افزایش عمر محصول و سایر موارد بررسی کند و هدف اصلی حل مشکلات موجود در زنجیرهٔ تأمین با استفاده از ابزار مختلفی همچون مدل‌سازی ریاضی و تئوری بازی‌ها بوده است. با درنظرگرفتن شکاف تحقیقاتی شناسایی‌شده که تمام متغیرهای موردبررسی به‌صورت جداگانه بررسی شده‌اند و تحقیقات زیادی هم در مورد این موضوع صورت گرفته است. در خصوص استفاده از استراتژی قیمت‌گذاری، بیشتر مقالات به استراتژی قیمت‌گذاری ایستا پرداخته‌اند. سطوح زنجیرهٔ تأمین در تمامی تحقیقات انجام‌شده دوسطحی بوده است (در ۹۰ درصد موارد) و معمولاً، فقط اثر یک متغیر یا دو متغیر در زنجیرهٔ تأمین بررسی شده است. رشد و توسعه صنایع و همچنین افزایش آگاهی مشتریان از نقش فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطاتی، باعث افزایش تمایل آن‌ها برای خرید کالاهای ضروری به‌صورت آنلاین شده است؛ بنابراین، می‌توان فعالیت‌های اینترنتی را به‌عنوان ابزار تبلیغاتی شرکت‌ها و سازمان‌ها، جهت افزایش تقاضای کالاها به‌کار گرفت. در مدل‌های ارائه شده، نوعی ریسک در تولید کالاهای جدید از مواد بازیافتی وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که برخی از کالاهای تولیدشده از مواد بازیافتی، الزاماً کیفیت محصول اولیه را ندارند و در بازرسی خارج می‌شوند. در این مطالعه، ابتدا وضعیتی درنظرگرفته می‌شود که در آن، تولیدکننده و خرده‌فروش با هم، فرایند جمع‌آوری کالاها را از مشتریان، برای بازیافت انجام می‌دهند. با توجه به مطالعه پژوهش‌های پیشین، اهمّ نوآوری‌های مقاله حاضر بدین شرح است: نامحدود بودن زنجیرهٔ تأمین سه سطحی مورد بررسی، به‌کارگیری از بازی استکلبرگ در مدل‌سازی مسائل و همچنین، استفاده از پیش‌فرض‌هایی همچون غیرخطی بودن تابع تقاضا، کمبود مجاز در سیستم موجودی و تولید تدریجی. با توجه به اهم پیشنهادها مطرح‌شده برای تحقیقات آتی، ویژگی‌های پژوهش پیش‌رو این است که زنجیرهٔ تأمین به سه سطح ارتقا یافته و تأثیر سه بازیگر بررسی شده است. تأکید در این پژوهش بر استراتژی قیمت‌گذاری پویاست و با استراتژی قیمت‌گذاری ایستا مقایسه خواهد شد که در بین مقاله‌های اشاره شده در بالا، کمتر به این مسئله توجه شده است. زنجیرهٔ تأمین مد نظر در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱. شمای کلی سیستم

منبع: اسماعیلی و قبادی[1] (۲۰۱۸)

1. Esmaeili & Ghobadi

روش‌شناسی پژوهش

همان طور که بر مبنای پژوهش اسماعیلی و قبادی (۲۰۱۸) بیان شده است، مواردی نظیر بررسی چندین افق برنامه‌ریزی، استفاده از قیمت‌گذاری پویا در برخی از بازیگران در یک سطح از زنجیره، از مفهوم قیمت‌گذاری پویا و استفاده سایرین در همان سطح از قیمت‌گذاری ایستا، در نظر گرفتن تقاضا به صورت غیرقطعی (استوار)، درنظرگرفتن مدل‌های تخفیف محور و در نهایت استفاده از بازی استکلبرگ برای بررسی هسته بازی و نقطه تعادل نش، ارائه نشده است.

پیش‌فرض‌های بازی

تقاضای محصولات در زنجیرهٔ تأمین سه سطحی مورد نظر تابعی است از قیمت خرده‌فروشان به مشتریان و همچنین، هزینه‌های صرف شده بابت تبلیغات محصول مورد نظر در بازار هدف. شایان ذکر است که با وجود متغیر بودن تابع تقاضا، قطعی در نظر گرفتن تابع تقاضا در حوزه همکاری در زنجیرهٔ تأمین با رویکرد نظریه بازی‌ها بسیار متداول بوده و در پژوهش حاضر نیز از همین رویکرد استفاده شده است.

کمبود در سیستم زنجیرهٔ تأمین مجاز است و به ازای هر واحد کمبود هزینه‌ای به سطح مرتبط تحمیل خواهد شد. هزینه کمبود مذکور برای سطح تولیدکنندگان و برای انبار محصول نهایی در نظر گرفته شده است. در ضمن، مقدار و چگونگی تولید، رفتاری تدریجی دارد.

در زنجیرهٔ تأمین می‌توان از قراردادهای همکاری، مانند مشارکت در سود، مشارکت در فروش از دست رفته، تقسیم هزینه‌ها، کالای مرجوعی و بازپرداخت، استفاده کرد. در پژوهش حاضر به‌منظور ایجاد همکاری در سطوح مختلف زنجیرهٔ تأمین، از قرارداد مشارکت در سود بین تمامی سطوح زنجیرهٔ تأمین استفاده شده است. در ضمن، تخفیف از تولیدکننده به خرده‌فروش نیز در طراحی مدل‌ها به‌کار گرفته شده است. تصمیم‌ها و سیاست‌های بهینه موجودی، قیمت‌گذاری و تبلیغات، در سطوح مختلف زنجیرهٔ تأمین مدنظر است و به‌عنوان متغیرهای تصمیم تعریف و بررسی می‌شوند.

هزینهٔ تولید هر واحد محصول برای تولیدکننده تابعی غیرخطی از تقاضای محصول است و با افزایش میزان تقاضا، هزینه متغیر تولید هر واحد کاهش خواهد یافت.

خرده‌فروشان تنها محصولات تولیدکننده مرتبط را به فروش می‌رسانند. به‌عبارتی، هر تولیدکننده تنها یک محصول تولید می‌کند و فقط محصول را به خرده‌فروش طرف قرارداد ارائه می‌کند. از سوی دیگر، هر خرده‌فروش نیز فقط محصولات تولیدکنندهٔ طرف قرارداد را به بازار ارائه می‌کند. تنوع محصولات به تعداد تولیدکنندگان است؛ اما تفاوت درون محصولات اندک است.

در ساختار در نظر گرفته شده، هر تأمین‌کننده یک نوع ماده اولیه را برای تولیدکنندگان ارسال می‌کند و از سوی دیگر، هر تولیدکننده محصول نهایی خود را تنها به خرده‌فروش طرف قرارداد خود ارسال می‌کند. در زنجیرهٔ تأمین فوق، تعاملات بین مشتریان با خرده‌فروشان، خرده‌فروشان با تولیدکنندگان و همچنین، بین تولیدکنندگان با تأمین‌کنندگان برقرار است. مشتری، خرده‌فروش، تولیدکننده و تأمین‌کننده، در هر یک از تعاملات خود، نقش خریدار و فروشنده را ایفا می‌کند.

مدل‌سازی

مدل بهینه‌سازی استوار که توسط مالوی، وندربی و زنیوس[1] (۱۹۹۵) ارائه شده به‌صورت زیر فرموله شده است. ابتدا یکسری نمادهای مرتبط با مدل معرفی می‌شوند. x بردار متغیرهای طراحی و y بردار متغیرهای کنترل است. A، B و C ضرایب پارامترها و b و e بردارهای پارامترها هستند. A و B مقادیر تعیین شده هستند، از سوی دیگر B، C و e دارای عدم قطعیت هستند. درک خاصی از پارامتر، عدم قطعیت سناریو گفته می‌شود که به آن نماد s اختصاص داده می‌شود و احتمال آن با p_s مشخص می‌شود.

تعداد K خرده‌فروش در زنجیرهٔ تأمین فعالیت می‌کنند که هر خرده‌فروش محصول مورد نظر خود را تنها از یک تولیدکننده تأمین می‌کنند. در حالت کلی، پیامد هر خرده‌فروش حاصل تفاضل درآمدهای وی از هزینه‌های اوست. در چنین شرایطی، خرده‌فروش با هزینه‌های سفارش، هزینه‌های نگهداری و همچنین، هزینه‌های بازاریابی صرف شده برای هر محصول مواجه است. از سوی دیگر، حاشیه سود هر خرده‌فروش حاصل تفاضل قیمت پرداخت شده به تولیدکننده برای خرید انبوه از قیمت فروش به مشتری است. شایان ذکر است که با توجه به اینکه محصول نهایی هر تولیدکننده تنها برای یک خرده‌فروش ارسال می‌شود، در نتیجه تعداد تولیدکنندگان و خرده‌فروشان برابر است.

جدول ۲. نمادشناسی مدل

مجموعه	
نماد	**شرح**
I	مجموعه قطعات
J	مجموعه تأمین‌کنندگان
A	ثابت افزایش تابع تقاضا
K	خرده فروش
P	تولید کننده
	پارامترها
B	انعطاف قیمتی تابع تقاضا
g_i	تعداد لازم از قطعه i برای تولید محصول نهایی
θ_0	تعداد قطعات مصرفی
θ_1	قیمت منعطف قطعه مصرفی مرجوعی
C_m	هزینه تولید یک محصول
C_r	هزینه بازسازی محصول استفاده‌شده
λ	نرخ بازسازی
$\mu_{i.j}$	میزان انتظاری معیوب قطعه i توسط تأمین‌کننده j
$h_{i.j}$	هزینه تولید قطعه i توسط تأمین‌کننده j
$B_{i.j}$	هزینه متغیرتولید قطعه i توسط تأمین‌کننده j

1. Mulvey, Vanderbei & Zenios

مجموعه	
نماد	شرح
$q_{i.j}$	تقاضای تولیدکننده از قطعه i توسط تأمین‌کننده j (در مدل اصلی تقاضا به صورت غیرقطعی در نظر گرفته خواهد شد)
b_i	انعطاف قیمت قطعه i
$k_{i.j}$	اثر قیمت تأمین‌کننده‌ها بر هم بر یک قطعه
G_r	حاشیه سود خرده فروش r ام
P_{rn}	قیمت فروش محصول n ام از سوی خرده فروش r ام
P_n	قیمت فروش انبوه محصول n ام
D_n	تقاضای محصول n ام
k_n	سهم هزینه نگهداری از قیمت خرید محصول n ام
متغیرها	
$w_{i,j}$	قیمت عمده‌فروشی قطعه i توسط تأمین‌کننده j
$\sigma_{i.j}$	انحراف معیار استاندارد قطعه معیوب i توسط تأمین‌کننده j
P	قیمت فروش محصول نهایی
L	هزینه جمع‌آوری قطعات معیوب
$\alpha_{i,j}$	هزینه جریمه قطعه معیوب i که از تأمین‌کننده j آمده است
$v_{i,j}$	مقدار آن یک است اگر سازنده، قطعه i را از تأمین‌کننده j بخرد

برای نمایش مجموعه‌ای از سناریواز نماد Ω استفاده می‌گردد. ضرایب عدم‌قطعیت به‌شکل B_s، C_s و e_s برای هر سناریو $S \in \Omega$ تخصیص داده می‌شود. همچنین متغیر کنترل Y چون پس از درک سناریو تنظیم و تعدیل می‌شود، می‌تواند نماد Y_s برای سناریو S اختصاص داده شود. با توجه به عدم قطعیت پارامترها، ممکن است مدل برای برخی از سناریوها موجه نباشد؛ بنابراین η_s غیرموجه بودن مدل را تحت هر سناریو S نمایش می‌دهد. در صورت موجه بودن مدل، η_s برابر صفر است و در غیراین صورت مقدار مثبتی از معادله‌های زیر را می‌گیرد. مدل مالوی مانند زیر فرموله شده است:

رابطه ۱)
$$Min\ \sigma(x, y_1, y_2, \ldots y_s) + \gamma\rho(\eta_1, \ldots, \eta_s)$$
$$s.t.$$
$$Ax = B,$$
$$B_s x + C_s y_s + \eta_s = e_s,$$
$$x \geq 0, y_s \geq 0, \eta_s, \qquad \forall_s \epsilon \Omega.$$

تابع هدف بالا دارای دو عبارت است: اولین عبارت استواری راه حل و دومین استواری مدل را از طریق وزن γ ارائه می‌دهد. این دو عبارت در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند. برای ارائه $f(x,y)$ از نماد ξ که تابعی هزینه و فایده است، استفاده می‌شود و برای هر سناریو از $\xi_s = f(x,y_s)$. واریانس بالا برای $\xi_s = f(x,y_s)$ بیانگر آن است که تصمیم ریسک بسیار بالایی دارد. به بیانی دیگر یک تغییر کوچک در پارامترهای دارای عدم قطعیت می‌تواند تغییرات زیادی را

در مقدار تابع اندازه‌گیری ایجاد کند. مالوی و همکارانش عبارت زیر را جهت نشان دادن استواری راه‌حل به کار گرفته و δ وزن اختصاص داده شده برای واریانس راه‌حل است.

$$\sigma\,(0) = \sum_{s\epsilon\Omega} p_s\xi_s + \delta\sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\left(\xi_s - \sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\xi'_s\right)^2$$ رابطه ۲)

همان‌طور که مشاهده می‌شود، یک عبارت درجهٔ دو $(\xi_s - \sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\xi'_s)^2$ در عبارت وجود دارد (یو و لی[1]، ۲۰۰۰). برای کاهش عملیات کامپیوتری، یک عبارت قدرمطلق انحراف به‌جای عبارت درجه دو مورد استفاده قرار می‌گیرد که به شکل زیر ارائه می‌شود:

$$\sigma(0) = \sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\xi'_s + \delta\sum_{s\epsilon\Omega} p_s\left|\xi_s - \sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\xi'_s\right|$$ رابطه ۳)

معادله فوق شامل مقادیر قدرمطلق است؛ اما دو متغیر اضافی Q_s^- و Q_s^+ را می‌توان برای خطی‌کردن تابع هدف فوق استفاده کرد. در صورتی که $\sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\xi'_s$ بزرگ‌تر از ξ_s باشد، Q_s^- به این صورت تفسیر می‌شود؛ درحالی‌که Q_s^+ برابر مقداری است که $\sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\xi'_s$ کوچک‌تر از ξ_s است. فرمول‌بندی فوق به‌صورت زیر تغییر می‌کند و خطی می‌شود:

$$\sigma(\circ) = \sum_{s\in\Omega} p_s\xi_s + \delta\sum_{s\in\Omega} p_s\,(Q_s^+ + Q_s^-)$$ رابطه ۴)

$$s.t.$$

$$\xi_S - \sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\,\xi'_s = Q_s^+ + Q_s^-,\ \ s\in\Omega$$

$$Q_s^+, Q_s^- \geq 0,\ \ \ s\in\Omega$$

براساس تئوری برنامه‌ریزی خطی واضح است که همواره یکی از مقادیر Q_s^- و Q_s^+ برای $\delta \geq 0$ صفر است. توجه داشته باشید که $(Q_s^+ + Q_s^-) = \xi_s - \sum_{s\epsilon\Omega} p'_s\xi'_s$ است.

جمله دوم تابع هدف بالا $\gamma\rho\,(\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_s)$ است که برای غیرموجه بودن مدل استفاده می‌شود و نشان‌دهنده استواری مدل است. γ وزن قرارداده شده برای غیرموجه بودن تخصیص داده می‌شود و نشان‌دهنده تحلیل هزینه ـ فایده بین استوار مدل و راه‌حل است. در اینجا η_s بیانگر غیرموجه بودن مدل است که به‌ازای پارامتر دچار عدم قطعیت تحت سناریو s به‌دلیل محدودیت ظرفیت به وجود آمده است با توجه به تمام بحث‌های بالا، تابع هدف نهایی به‌صورت زیر فرموله می‌شود (پن و ناگی[2]، ۲۰۱۰):

$$Min\sum_{s\epsilon\Omega}\rho_s\xi_s + \delta\sum_{s\epsilon\Omega}\rho_s(Q_s^+ + Q_s^-) + \gamma\sum_{s\epsilon\Omega}\rho_s\eta_s + \sum_{s\epsilon\Omega} X_{ijt}$$ رابطه ۵)

1. Yu & Li
2. Pan & Nagi

$$\pi_j\left(W_{ij},\sigma_{ij}\right)=\sum_{i=1}^{I}\{q_{ij}(W_{ij}-h_{ij})-\alpha_{ij}E[0,Re_{ij}-\mu_{ij}]\}$$

$$h_{ij}=B_{ij}+C_{ij}x_{ij}\ \ \forall i$$

$$q_{ij}=a_i-b_iW_{ij}+\sum_{\substack{j=1\\ j\neq 1}}^{J}K_{ij}W_{ij}\ \forall i$$

$$x_{ij}=K^{-\sigma_{ij}^2}\ \forall i$$

$$\pi_i(W_{ij},\sigma_{ij})=\sum_{i=1}^{I}\left\{\left(a_i-b_iW_{ij}+\sum_{\substack{j=1\\ j\neq 1}}^{J}K_{ij}W_{ij}\right)\left(W_{ij}-B_{ij}-C_{ij}K^{-\sigma_{ij}^2}\right)\alpha_{ij}\sigma_{ij}\sqrt{\frac{1}{2\pi}}\right\}$$

$$\pi_m(P,\mathrm{L},\alpha_{ij}v_{ij})=P(a-bP)-C_r\lambda(\theta_0+\theta_1L)-C_m\left(a-bP-\lambda(\theta_0+\theta_1L)\right)-\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}W_{ij}q_{ij}v_{ij}-L(\theta_0+\theta_1L)+\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\alpha_{ij}E[max(0,Re_{ij}-\mu_{ij})]v_{ij}$$

$$\pi_m(P,\mathrm{L},\alpha_{ij}v_{ij})=P(a-bP)-C_r\lambda(\theta_0+\theta_1L)-C_m\left(a-bP-\lambda(\theta_0+\theta_1L)\right)-\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}W_{ij}q_{ij}v_{ij}-L(\theta_0+\theta_1L)+\sqrt{\frac{1}{2\pi}}\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\alpha_{ij}\sigma_{ij}v_{ij}$$

$$g_i(a-bP)\leq\sum_{j=1}^{J}\left(q_{ij}-\mu_{ij}\right)v_{ij}+\lambda g_i(\theta_0+\theta_1L)\ \forall i$$

$$v_{ij}\,\epsilon[0,1]\ \forall i,\forall \mathrm{j}$$

$$Max\left(\pi_m(P,\mathrm{L},\alpha_{ij})\right)=P(a-bP)-C_r\lambda(\theta_0+\theta_1L)-C_m\left(a-bP-\lambda(\theta_0+\theta_1L)\right)-\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}W_{ij}q_{ij}-L(\theta_0+\theta_1L)+\sqrt{\frac{1}{2\pi}}\sum_{i=1}^{I}\sum_{j\epsilon s}^{J}\alpha_{ij}\sigma_{ij}$$

S.t:

$$g_i(a-bP)\leq\sum_{j\epsilon s}\left(q_{ij}-\mu_{ij}\right)+\lambda g_i(\theta_0+\theta_1L)\ \forall i$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

مدل سمت تولیدکننده

رابطه ۶)

$$\pi_m(P,\mathrm{L},\alpha_{ij},v_{ij}) = P(a-bP) - C_r\lambda\,(\theta_0+\theta_1 L)C_m\big(a-bP-\lambda\,(\theta_0+\theta_1 L)\big) - \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} W_{ij}\,q_{ij}v_{ij} - L\,(\theta_0+\theta_1 L) + \sqrt{\frac{1}{2\pi}\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\alpha_{ij}\sigma_{ij}\,v_{ij}}$$

S.t:

$$g_i\,(a-bP) \le \sum_{j=1}^{J}(q_{ij}-\mu_{ij})v_{ij} + \lambda g_i(\theta_0+\theta_1 L)\quad \forall i,\mathrm{j}$$

$$v_{ij}\epsilon[0,1]\quad \forall_i,\forall_j$$

محدودیت‌ها

محدودیت ۱) $\sum_{l\epsilon V} D_{jmlt} < 1+\alpha_{jmt}^{max} - \frac{\alpha_{jmt}^{max}-\alpha_{mt}^{min}}{S_{mt}^{max}-S_{mt}^{min}}\left(S_{mt}-S_{mt}^{min}\right)$ jϵC, mϵM, tϵT

محدودیت ۲) $\sum_{l\epsilon V} D_{jmlt} \ge \alpha_{jmt}^{max} - \frac{\alpha_{jmt}^{max}-\alpha_{jmt}^{min}}{S_{mt}^{max}-S_{mt}^{min}}\left(S_{mt}-S_{mt}^{min}\right)$ jϵC, mϵM, tϵT

محدودیت ۳) $I_{rt} = I_{rt-1} + Q_{rt} + RW_{rt} - \sum_{l\epsilon v}\sum_{m\epsilon M}\sum_{i\epsilon C} D_{jmlt}CR_{mr}$ rϵR, tϵT, t>1

محدودیت ۴) $Q_{rt} \le Q_{rt}LA$ rϵR, tϵT

محدودیت ۵) $\sum_{l\epsilon v} P_{jmlt} < 1+\gamma_m^{max} - \frac{\gamma_m^{max}-\gamma_m^{min}}{S_{mt}^{max}-S_{mt}^{min}}\left(S_{mt}-S_{mt}^{min}\right)\sum_{l\epsilon V} D_{jmlt-1}$ jϵC, mϵT, t>1

محدودیت ۶) $\sum_{l\epsilon V} P_{jmlt} \ge \gamma_m^{max} - \frac{\gamma_m^{max}-\gamma_m^{min}}{S_{mt}^{max}-S_{mt}^{min}}\left(S_{mt}-S_m^{min}\right)\sum_{l\epsilon V} D_{jmlt-1}$ jϵC, mϵM, tϵT t>1

محدودیت ۷) $\sum_{l\epsilon V}\sum_{i\epsilon 1,\,\mathrm{C}} X_{ijlt} = 1$ jϵC, tϵT

محدودیت ۸) $$\sum_{i\epsilon 1,\,\mathrm{C}} X_{ijlt} = \sum_{i\epsilon C,\,\mathrm{L}} X_{jilt} \quad \mathrm{j}\epsilon\mathrm{C},\ \mathrm{l}\epsilon\mathrm{V},\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T}$$

محدودیت ۹) $$\sum_{i\epsilon C} X_{1ilt} \le v_{lt} \quad l\epsilon V\ ,\ \mathrm{t}\,\epsilon\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۰) $$\sum_{i\epsilon\, L} X_{i1lt} \le Y_i LA \quad l\epsilon V,\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۱) $$v_{lt} \le \frac{\sum_{i\epsilon C} X_{1ilt} + \sum_{i\epsilon C}\sum_{j\epsilon L} X_{ijlt} + \sum_{i\epsilon L} X_{i1lt}}{3} \quad l\epsilon V,\ \mathrm{t}\epsilon\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۲) $$Z_{jlt} > Z_{ilt} - \left(1 - X_{ijlt}\right)LA \quad i,\mathrm{j}\in \mathrm{N},\ \mathrm{l}\,\epsilon\mathrm{V},\ \mathrm{t}\,\epsilon\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۳) $$RW_{rt} = \phi_r \sum_{l\epsilon V}\sum_{m\epsilon M}\sum_{j\epsilon C} P_{jmlt} CR_{mr} \quad r\epsilon R,\ \mathrm{t}\in\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۴) $$LR_{lt} = \sum_{m\epsilon M}\sum_{j\epsilon C} D_{jmlt} w_m \quad l\in V,\ \mathrm{t}\in\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۵) $$LR_{lt} \le CV_l v_{lt} \quad l\in V,\ \mathrm{t}\in\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۶) $$LC_{ilt} \le CV_l v_{lt} \quad i\epsilon\mathrm{C},\ \mathrm{l}\in\mathrm{V},\ \mathrm{t}\in\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۷) $$S_{mt}^{max} \le S_{mt} \le S_{mt}^{max} \quad m\epsilon M,\ \mathrm{t}\,\epsilon\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۸) $$X_{ijlt}, Y_j, Z_{jlt}, O_{rt}, v_{lt}\ \epsilon\{0,1\}\ i,\mathrm{j}\,\epsilon\mathrm{N},\ \mathrm{l}\in\mathrm{V},\ \mathrm{t}\,\epsilon\mathrm{T}$$

محدودیت ۱۹) $$D_{jmlt}, P_{jmlt}, \text{and } RW_{rt}\ ar\ integer\ j\in C,\ \mathrm{t}\,\epsilon\mathrm{T}$$

محدودیت‌های ۱ و ۲ میزان تقاضای وابسته به قیمت هر کالا را برای هر مشتری در دوره‌ها تعیین می‌کنند. محدودیت ۳ مقدار موجودی مواد خام را در هر دوره در انبار تولیدکننده ارائه می‌کند. محدودیت ۴ تضمین می‌کند که در صورت ثبت سفارش، می‌توان یک کالا را در یک دوره خریداری کرد. محدودیت‌های ۵ و ۶ ارزش بازگشتی کالاهای هر مشتری را در هر دوره تعیین می‌کنند که با استفاده از تابعی خطی از قیمت کالاها حاصل می‌شود. محدودیت ۷ بیان

می‌کند که اگر یک وسیله حمل در یک دوره به یک گره وارد شود، باید از آن خارج شود. محدودیت ۸ تضمین می‌کند که اگر یک وسیله حمل حرکت خود را از از تولید کننده شروع کند، می‌توان از آن استفاده کرد. محدودیت ۹ مشخص می‌کند که یکی از نقاط بالقوه برای ساخت یک مرکز جمع‌آوری و دمونتاژ انتخاب شود. محدودیت ۱۰۱ نشان می‌دهد وسیلهٔ حمل، در صورت استفاده، باید مسیر خود را از تولیدکننده شروع کند و پس از عبور از مشتریان، به مرکز جمع‌آوری و دمونتاژ رود و در نهایت، به تولیدکننده بازگردد. محدودیت ۱۱ برای حذف سفر فرعی هر وسیلهٔ حمل در هر دوره استفاده می‌شود. شایان ذکر است که در این محدودیت، اعداد تنها به گره‌های مشتری اختصاص داده می‌شود و بازگشت به مرکز جمع‌آوری و مونتاژ در انتهای مسیر با این محدودیت منافاتی ندارد. محدودیت‌های ۱۲ و ۱۳ تعداد مواد خام قابل استفاده به‌دست آمده از محصولات برگشتی را محاسبه می‌کند. محدودیت ۱۴ میزان حجم بارگیری شده وسایل حمل در زمان خروج از تولیدکننده را تعیین می‌کند. محدودیت ۱۵ تضمین می‌کند که حجم بار وسیلهٔ حمل در زمان خروج از تولیدکننده، از ظرفیت وسیله مدنظر تجاوز نکند. محدودیت ۱۶ از افزایش حجم بار وسیلهٔ حمل، در زمان خروج از محل هر یک از مشتریان از ظرفیت وسیله مورد نظر جلوگیری می‌کند. محدودیت ۱۷ محدوده قیمت را تعیین می‌کند. محدویت‌های ۱۸ و ۱۹ نوع متغیرها را مشخص می‌کنند.

یافته‌های پژوهش

مدل در حالت ایستا

پارامترها در این مسائل، به‌طور تصادفی در فواصل زمانی مشخص ایجاد می‌شوند. علاوه بر این، گره‌ها برای مسائل نمونه به‌طور تصادفی در یک فضای مربعی شکل با ضلع ۲۰۰ واحد مسافت به وجود می‌آیند و $Dist_{i,j}$ (فاصله بین آن‌ها) بر اساس فاصله پله‌ای محاسبه می‌شود. کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری مستقیماً با تنظیم پارامترهای آن مرتبط است؛ به‌گونه‌ای که انتخاب درست مقادیر پارامترهای یک الگوریتم افزایش کارایی آن را به‌دنبال دارد. در مطالعه حاضر فاکتورهای کنترلی روش تاگوچی، پارامترهای الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات را دربرمی‌گیرند. در این روش، هدف به‌دست آوردن سطوح بهینه عوامل مهم قابل کنترل و به حداقل رساندن تأثیر عوامل اغتشاش است. ویژگی‌های کیفی مقادیر اندازه‌گیری‌شده از آزمایش‌ها به نسبت سیگنال به نویز (S/N) تبدیل می‌گردد. این نرخ، میزان انحراف‌های نمایش داده‌شده در متغیر پاسخ را نشان می‌دهد. کاهش انحراف‌های الگوریتم، هنگامی اتفاق می‌افتد که پارامترهای الگوریتم ژنتیک به‌ترتیب ۱۲۵ برای تعداد جمعیت اولیه، ۱۳۰ برای تعداد نسل، ۰/۹۵ برای نرخ تقاطع و ۰/۵۰ برای نرخ جهش تنظیم شوند. علاوه بر این پارامترهای الگوریتم تجمع ذرات به ترتیب معادل ۱۰۰ برای تعداد ذرات، ۱۱۵ برای تکرار، ۰/۸ برای وزن اینرسی و ۰/۲ برای بیشترین میزان سرعت، بهترین مقادیر برای الگوریتم پیشنهادی در پژوهش حاضر هستند.

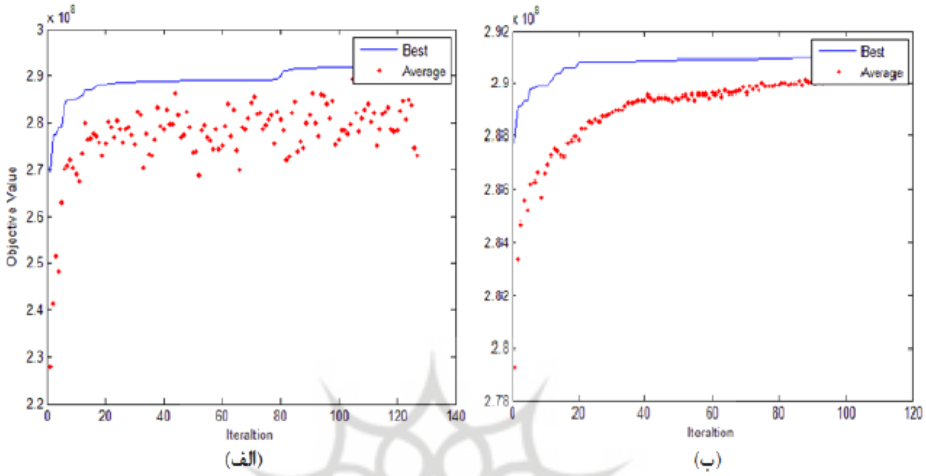
جدول ۳ نتایج حاصل از الگوریتم‌های پیشنهادی را نشان می‌دهد. برای مقایسه عملکرد هر یک از الگوریتم‌ها، شاخص‌های زمان محاسباتی و RPD مورد استفاده قرار می‌گیرد. میانگین زمان به‌دست آمده از پنج‌بار اجرای الگوریتم‌های پیشنهادی نیز بر حسب ثانیه در این جدول نشان داده شده است. با توجه به جدول ۳، متوسط خطای

الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی تجمع ذرات پیشنهادشده به‌ترتیب برابر ۰/۰۱۲۸ و ۰/۰۴۵۱ است که عملکرد بهتر الگوریتم PSO نسبت به GA را نشان می‌دهد.

جدول ۳. یافته‌های به‌دست آمده از مقایسه الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی تجمع ذرات

شماره مسئله	تعداد محصول	تعداد دوره	تعداد مشتری	تعداد مکان بالقوه	تعداد وسیله حمل	GA		PSO	
						RPD	CPU time	RPD	CPU time
۱	۲	۳	۱۰	۵	۳	۰/۰۰۱	۷۱	۰/۰۰۶۲	۵۶
۲	۳	۳	۱۵	۵	۳	۰/۰۰۷۶	۹۰	۰/۰۰۳	۶۷
۳	۵	۳	۳۰	۵	۳	۰/۰۴۳۵	۱۳۶	۰/۰۲۴۹	۹۸
۴	۲	۵	۵۰	۵	۳	۰/۰۱۵۶	۳۶۵	۰/۰۰۸۸	۲۷۵
۵	۳	۵	۷۰	۵	۳	۰/۰۶۲۹	۶۵۳	۰/۰۰۴۶	۵۴۶
۶	۵	۵	۱۰۰	۵	۳	۰/۰۸۵۴	۱۰۵۷	۰/۰۰۰۴	۷۷۷
۷	۲	۷	۱۰	۵	۳	۰/۰۶۳۶	۲۰۳	۰/۰۱۱۴	۱۴۸
۸	۳	۷	۱۵	۵	۳	۰/۰۷۹۵	۲۴۵	۰/۰۲۷۴	۱۷۹
۹	۵	۷	۳۰	۵	۳	۰/۰۸۱۸	۳۸۴	۰/۰۱۹۶	۲۸۲
۱۰	۲	۳	۵۰	۵	۳	۰/۰۰۹۵	۲۷۹	۰/۰۰۰۹	۲۲۹
۱۱	۳	۳	۷۰	۱۰	۳	۰/۰۰۶۹	۴۵۱	۰/۰۰۰۱	۳۲۹
۱۲	۵	۳	۱۰۰	۱۰	۳	۰/۰۲۲	۴۶۰	۰/۰۰۴۳	۳۳۹
۱۳	۲	۵	۱۰	۵	۳	۰/۰۳۹۶	۱۳۶	۰/۰۰۱۸	۱۰۱
۱۴	۳	۵	۱۵	۱۰	۳	۰/۰۶۱۲	۱۸۰	۰/۰۰۴۷	۱۲۳
۱۵	۵	۵	۳۰	۱۰	۳	۰/۰۴۳	۲۹۰	۰/۰۰۹۹	۲۳۰
۱۶	۲	۷	۵۰	۱۰	۴	۰/۰۱۹۲	۹۸۶	۰/۰۴۸۸	۷۴۰
۱۷	۳	۷	۷۰	۱۰	۴	۰/۰۶۶۸	۱۶۰۷	۰/۰۱۵۹	۱۱۸۷
۱۸	۵	۷	۱۰۰	۱۰	۴	۰/۰۸۳۷	۲۶۷۲	۰/۰۱۲۳	۱۹۹۹
۱۹	۲	۳	۱۵	۵	۴	۰/۰۰۳۸	۹۷	۰/۰۰۱	۷۳
۲۰	۳	۳	۱۵	۱۰	۴	۰/۰۱۵۱	۱۰۰	۰/۰۱۱۸	۷۷
۲۱	۵	۳	۳۰	۱۵	۴	۰/۰۱۰۹	۲۰۲	۰/۰۰۳۲	۱۹۸
۲۲	۲	۵	۵۰	۱۵	۴	۰/۰۶۴۷	۶۱۳	۰/۰۰۷۸	۴۶۴
۲۳	۳	۵	۷۰	۱۵	۴	۰/۰۹۷۴	۹۷۸	۰/۰۱۷۵	۷۲۶
۲۴	۵	۵	۱۰۰	۱۵	۴	۰/۰۶۷۳	۱۶۰۱	۰/۰۲۰۵	۱۱۹۳
۲۵	۲	۷	۱۰	۱۵	۴	۰/۰۰۸۵	۳۰۵	۰/۰۳۰۷	۱۸۸
۲۶	۳	۷	۱۵	۱۵	۴	۰/۰۹۹۶	۳۰۰	۰/۰۱۵	۲۲۶
۲۷	۵	۷	۳۰	۱۵	۴	۰/۰۵۱۳	۴۸۰	۰/۰۳۵	۳۵۹
۲۸	۲	۳	۵۰	۱۵	۴	۰/۰۰۲۹	۲۳۹	۰/۰۰۰۷	۲۱۵
۲۹	۳	۵	۷۰	۱۵	۴	۰/۰۴۴۳	۹۹۲	۰/۰۰۶۳	۷۴۲
۳۰	۵	۷	۱۰۰	۱۵	۴	۰/۰۹۴۶	۲۸۹۶	۰/۰۳۱۷	۲۱۳۹
میانگین						**۰/۰۴۵۱**		**۰/۰۱۲۸**	

بخش‌های الف و ب در شکل ۲، به‌ترتیب نمودار هم‌گرایی GA وPSO را برای مسئله ۲۰ نشان می‌دهد. طبق شکل ۱ در چنین وضعیتی هدف حداکثرسازی سود تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن بهترین پاسخ‌های خرده‌فروشان و تولیدکنندگان است. به عبارتی، در تابع هدف، تابع سود تأمین‌کنندگان قرار گرفته و در محدودیت‌ها بهترین پاسخ‌های خرده‌فروشان و تولیدکنندگان لحاظ شده است.



شکل ۲. نمودار هم‌گرایی دو الگوریتم برای مسئله ۲۰

مدل در حالت پویا

الف) نتایج بازی دونفره تولیدکنندگان با تأمین‌کننده

در این بخش به ارائه یک مثال کاربردی در خصوص قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین در حالت پویا پرداخته‌شده است.

جدول ٤. داده‌های مربوط به محصول A

تولیدکننده	ضریب هزینه خدمات	هزینه تولید محصول	بازار	قیمت		سطح خدمات	حساسیت بازار به			
				خرده‌فروشی	عمده‌فروشی		قیمت	اختلاف قیمت	خدمات	اختلاف خدمات
A	۱۲۰۰	۲۰۰۰	۴۲۰۰	۴۵۰۰	۲۸۰۰	۱۵	۸	۶	۵	۴
B	۱۴۰۰	۲۸۰۰	۵۸۰۰	۵۰۰۰	۴۰۰۰	۱۵	۸	۶	۵	۴
C	۱۶۰۰	۱۷۵۰	۶۰۰۰	۴۳۰۰	۲۴۰۰	۱۰	۸	۶	۵	۴
D	۱۲۰۰	۲۱۸۰	۴۷۰۰	۶۰۰۰	۳۰۰۰	۶	۸	۶	۵	۴
E	۲۰۰۰	۱۸۰۰	۴۵۰۰	۴۶۰۰	۲۶۷۰	۱۵	۸	۶	۵	۴
F	۱۵۰۰	۱۹۰۰	۵۰۰۰	۷۸۰۰	۵۰۰۰	۱۶	۸	۶	۵	۴
G	۱۷۰۰	۲۰۰۰	۶۰۰۰	۵۵۰۰	۳۰۰۰	۱۵	۸	۶	۵	۴
H	۱۸۰۰	۲۲۰۰	۵۵۰۰	۵۶۰۰	۳۸۰۰	۱۰	۸	۶	۵	۴

سطح خدمات در این بازی کیفیت است؛ زیرا پس از قیمت، کیفیت بالاترین رتبه را دارد؛ یعنی تولید محصول با کیفیت مزیت رقابتی محسوب می‌شود.

ب) خروجی‌های بهینه برمبنای بازی تعریف‌شده در مطالعه موردی

جدول‌های ۵ و ۶ در خصوص قیمت عمده فروش شرکت‌کننده اول استکلبرگ تولیدکننده و تأمین کننده است که هر یک از اعداد نشان می‌دهد قیمت عمده و فروش و تأمین‌کننده، در مقایسه با یکدیگر به چه صورت است و در شرایط مختلف قیمت‌گذاری چگونه باشد که بتواند کشش بازار داشته باشد.

جدول ۵. قیمت عمده‌فروش شرکت‌کننده اول استکلبرگ تولیدکننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۳۲۳۹/۸۶۶	۳۳۴۲/۸۰۶	۳۳۵۳/۰۹۲	۳۳۰۳/۶۶۵	۳۲۴۳/۰۸۲	۳۲۹۱/۱	۳۱۹۴/۷۱۲	۳۲۶۶/۲۱
B	۳۷۷۵/۷۵	۳۸۷۸/۶۶۵	۳۸۸۸/۹۴۵	۳۸۳۹/۵۳۱	۳۷۷۸/۹۸	۳۸۲۶/۹۵۷	۳۷۳۰/۶۳۱	۳۸۰۲/۰۸۵
C	۳۸۳۰/۱۱۳	۳۹۳۳/۰۴۴	۳۹۴۳/۳۲۵	۳۸۹۳/۹۰۴	۳۸۳۳/۳۴۶	۳۸۸۱/۳۲۷	۳۷۸۴/۹۹	۳۸۵۶/۴۵۳
D	۳۵۷۱/۶۲۸	۳۶۷۴/۵۶۳	۳۶۸۴/۸۴۶	۳۶۳۵/۴۲۲	۳۵۷۴/۸۵۳	۳۶۲۲/۸۵۱	۳۵۲۶/۴۹۱	۳۵۹۷/۹۶۹
E	۳۲۵۵/۲۳۲	۳۳۵۸/۱	۳۳۶۸/۳۷۹	۳۳۱۸/۹۸۶	۳۲۵۸/۴۴۵	۳۳۰۶/۴۳	۳۲۱۰/۱۰۹	۳۲۸۱/۵۵۷
F	۳۳۵۳/۰۹۲	۳۶۱۱/۸۴۶	۳۶۲۲/۱۳۵	۳۵۷۲/۶۸۴	۳۵۱۲/۰۸	۳۵۶۰/۱۰۷	۳۴۶۳/۶۹۱	۳۵۳۵/۲۱۱
G	۳۰۰۳/۱۶۳	۳۱۰۶/۰۰۵	۳۱۱۶/۲۸۳	۳۰۶۶/۹۰۲	۳۰۰۶/۳۶۸	۳۰۵۴/۳۵۵	۲۹۵۸/۰۴۱	۳۰۲۹/۴۸۳
H	۳۳۷۸/۵۴۴	۳۴۸۱/۴۸۶	۳۴۹۱/۷۷۱	۳۴۴۲/۳۴۴	۳۳۸۱/۷۶۴	۳۴۲۹/۷۷۵	۳۳۳۳/۳۹۶	۳۴۰۴/۸۸۸

جدول ٦. قیمت عمده‌فروش شرکت‌کننده اول استکلبرگ تأمین‌کننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۲۶۲۰/۸۲۱	۲۶۷۲/۲۹۵	۲۶۷۷/۴	۲۶۵۲/۷۴۵	۲۶۲۲/۴۹	۲۶۴۶/۳۳۲	۲۵۹۸/۳۱۳	۲۶۳۳/۹۱۵
B	۲۷۸۹/۱۲۲	۲۸۴۰/۵۷۳	۲۸۴۵/۶۷۱	۲۸۲۱/۰۲۸	۲۷۹۰/۸۰۵	۲۸۱۴/۶۰۸	۲۷۶۶/۶۴۶	۲۸۰۲/۲۰۹
C	۲۷۹۱/۵۲۶	۲۸۴۲/۹۹۱	۲۸۴۸/۰۹	۲۸۲۳/۴۴۱	۲۷۹۳/۲۱۱	۲۸۱۷/۰۱۸	۲۷۶۹/۰۴۶	۲۸۰۴/۶۱۶
D	۲۸۳۶/۸۴	۲۸۸۸/۳۰۹	۲۸۹۳/۴۱۱	۲۸۶۸/۷۵۹	۲۸۳۸/۵۱۸	۲۸۶۲/۳۴	۲۸۱۴/۳۴۷	۲۸۴۹/۹۳۲
E	۲۵۲۸/۲۰۷	۲۵۷۹/۶۱۴	۲۵۸۴/۷۱۲	۲۵۶۰/۰۸۷	۲۵۲۹/۸۷۵	۲۵۵۳/۶۸۴	۲۵۰۵/۷۳	۲۵۴۱/۲۸۶
F	۲۷۰۶/۰۱۳	۲۷۵۷/۵۳۵	۲۷۶۲/۶۴۲	۲۷۳۷/۹۶۶	۲۷۰۷/۶۹	۲۷۳۱/۵۴۱	۲۶۸۳/۴۹۳	۲۷۱۹/۱۱۷
G	۲۳۵۱/۹۴۷	۲۴۰۳/۳۲۹	۲۴۰۸/۴۲۶	۲۳۸۳/۸۱۲	۲۳۵۳/۶۰۷	۲۳۷۷/۴۱۸	۲۳۲۹/۴۷۱	۲۳۶۵/۰۲۱
H	۲۵۱۵/۶۰۷	۲۵۶۷/۰۸۲	۲۵۷۲/۱۸۶	۲۵۴۷/۵۳۱	۲۵۱۷/۲۷۹	۲۵۴۱/۱۱۶	۲۴۹۳/۱۰۳	۲۵۲۸/۷۰۱

جدول‌های ۷ و ۸ در خصوص سطح خدمت شرکت‌کننده اول استکلبرگ تولیدکننده و تأمین‌کننده است. هر یک از اعداد این جدول نشان می‌دهد که سطح خدمت شرکت‌کنندهٔ اول در مقایسه با یکدیگر به چه صورت است و در شرایط مختلف، سطوح خدمت چگونه باید باشد تا بتواند کشش بازار را داشته باشد.

جدول ۷. سطح خدمت شرکت‌کننده اول استکلبرگ تولیدکننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۶/۱۹۹۳۳۲	۶/۷۱۴۰۳۱	۶/۷۶۵۴۶۲	۶/۵۱۸۳۲۵	۶/۲۱۵۴۰۸	۶/۴۵۵۵۰۲	۵/۹۷۳۵۶۲	۶/۳۳۱۰۵
B	۸/۲۳۲۲۹۱	۸/۶۶۱۱۰۴	۸/۷۰۳۹۳۷	۸/۴۹۸۰۴۶	۸/۲۴۵۷۵	۸/۴۴۵۶۵۵	۸/۰۴۴۲۹۶	۸/۳۴۲۰۲۲
C	۹/۴۵۵۰۶۱	۹/۹۲۲۹۲۶	۹/۹۶۹۶۵۸	۹/۷۴۵۰۱۷	۹/۴۶۹۷۵۳	۹/۶۸۷۸۵	۹/۲۴۹۹۵۷	۹/۵۷۴۷۸۵
D	۷/۰۰۷۷۵۳	۷/۴۹۷۹۲	۷/۵۴۶۸۸۸	۷/۳۱۱۵۳۵	۷/۰۲۳۱۰۹	۷/۲۵۱۶۷	۶/۷۹۲۸۱۵	۷/۱۳۳۱۸۷
E	۴/۵۴۷۵۹۹	۴/۸۶۹۰۶۳	۴/۹۰۱۱۸۵	۴/۷۴۶۸۳۲	۴/۵۵۷۶۴۱	۴/۷۰۷۵۹۳	۴/۴۰۶۵۹۲	۴/۶۲۹۸۶۶
F	۱۰/۰۵۵۳۴	۱۰/۶۹۹۰۴	۱۰/۷۶۳۳۵	۱۰/۴۵۴۲۸	۱۰/۰۷۵۵	۱۰/۳۷۵۶۷	۹/۷۷۳۰۶۷	۱۰/۲۲۰۰۷
G	۳/۲۵۷۹۰۸	۳/۵۱۵۰۱۲	۳/۵۴۰۷۰۸	۳/۴۱۷۲۵۵	۳/۲۶۵۹۲۱	۳/۳۸۵۸۸۷	۳/۱۴۵۱۰۴	۳/۳۲۳۷۰۷
H	۸/۶۴۲۷۲۲	۹/۱۵۷۴۲۹	۹/۲۰۸۸۵۶	۸/۹۶۱۷۱۸	۸/۶۵۸۸۱۸	۸/۸۹۸۸۷۷	۸/۴۱۶۹۷۸	۸/۷۷۴۴۴

جدول ۸. سطح خدمت شرکت‌کننده اول بازی استکلبرگ تأمین‌کننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۶/۲۰۸۲۱۴	۶/۷۲۲۹۵۴	۶/۷۷۳۹۹۶	۶/۵۲۷۴۴۶	۶/۲۲۴۹۰۳	۶/۴۶۳۳۲۲	۵/۹۸۳۱۲۶	۶/۳۳۹۱۵۵
B	۸/۲۴۲۶۸۳	۸/۶۷۱۴۴	۸/۷۱۳۹۲۷	۸/۵۰۸۵۶۷	۸/۲۵۶۷۰۸	۸/۴۵۵۰۷	۸/۰۵۵۳۸۷	۸/۳۵۱۷۴۴
C	۹/۴۶۸۴۱۸	۹/۹۳۶۲۸۱	۹/۹۸۲۶۳۹	۹/۷۵۸۵۵۳	۹/۴۸۳۷۳۲	۹/۷۰۰۱۶۵	۹/۲۶۴۰۵۴	۹/۵۸۷۴۲۲
D	۷/۰۱۷۵۲	۷/۵۰۷۷۰۷	۷/۵۵۶۲۹۳	۷/۳۲۱۵۱	۷/۰۳۳۵۰۲	۷/۲۶۰۳۸۱	۶/۸۰۳۳۰۶	۷/۱۴۲۲۰۷
E	۴/۵۵۱۲۹۱	۴/۸۷۲۵۸۸	۴/۹۰۴۴۴۹	۴/۷۵۰۵۴۴	۴/۵۶۱۷۱۷	۴/۷۱۰۵۲۶	۴/۴۱۰۸۱	۴/۶۳۳۰۳۵
F	۱۰/۰۷۵۱۷	۱۰/۷۱۹۱۹	۱۰/۷۸۳۰۲	۱۰/۴۷۴۵۷	۱۰/۰۹۶۱۲	۱۰/۳۹۴۲۷	۹/۷۹۳۶۶۱	۱۰/۲۳۸۹۷
G	۳/۲۵۹۷۳۳	۳/۵۱۶۶۴۴	۳/۵۴۲۱۲۹	۳/۴۱۹۰۶	۳/۲۶۸۰۳۷	۳/۳۸۷۰۹	۳/۱۴۷۳۵۳	۳/۳۲۵۱۰۳
H	۸/۶۵۶۰۷	۹/۱۷۰۸۲۵	۹/۲۲۱۸۶	۸/۹۷۵۳۰۶	۸/۶۷۲۷۹۲	۸/۹۱۱۱۵۶	۸/۴۳۱۰۲۶	۸/۷۸۷۰۱۱

جدول‌های ۹ و ۱۰ در خصوص قیمت خرده‌فروش شرکت‌کننده اول برای استکلبرگ تولیدکننده و تأمین‌کننده است. هر یک از اعداد نشان می‌دهد که قیمت خرده‌فروش شرکت‌کننده اول در مقایسه با یکدیگر به چه صورت است و در شرایط مختلف قیمت‌گذاری چگونه قیمت‌گذاری شود تا بتواند کشش بازار را داشته باشد.

جدول ۹. قیمت خرده‌فروش شرکت‌کننده اول برای استکلبرگ تولیدکننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۴۲۴۷/۲۵۸	۴۵۷۶/۶۸۸	۴۶۱۶/۵۶۵	۴۴۰۰/۸۰۱	۴۳۰۰/۹۶۶	۴۴۱۱/۸۳۵	۴۱۸۹/۸۹۳	۴۳۹۹/۳۵۲
B	۵۲۳۸/۱۹۵	۵۵۶۷/۵۸	۵۶۰۷/۴۵	۵۳۹۱/۷۰۹	۵۲۹۱/۹۱۱	۵۴۰۲/۷۴۱	۵۱۸۰/۸۶۴	۵۳۹۰/۲۷۶
C	۵۳۵۶/۱۲۱	۵۶۸۵/۵۲۹	۵۷۲۵/۴۰۱	۵۵۰۹/۶۴۹	۵۴۰۹/۸۳۹	۵۵۲۰/۶۷۸	۵۲۹۸/۷۸۱	۵۵۰۸/۲۰۸
D	۴۷۲۹/۴۱۸	۵۰۵۸/۸۳۶	۵۰۹۸/۷۱	۴۸۸۲/۹۵۳	۴۷۸۳/۱۳۱	۴۸۹۳/۹۸۴	۴۶۷۲/۰۶۶	۴۸۸۱/۵۰۸
E	۴۳۸۹/۷۲۶	۴۷۱۹/۰۴۷	۴۷۵۸/۹۱۳	۴۵۴۳/۲۰۲	۴۴۴۳/۴۳۲	۴۵۵۴/۲۴۸	۴۳۳۲/۴۱	۴۵۴۱/۷۹۲
F	۴۷۴۴/۳۳۴	۵۰۷۳/۸۴	۵۱۱۳/۷۲۲	۴۸۹۷/۹۲۴	۴۷۹۸/۰۵	۴۹۰۸/۹۴۵	۴۶۸۶/۹۴۴	۴۸۹۶/۴۴۷
G	۴۰۳۷/۵۰۷	۴۳۶۶/۷۸۹	۴۴۰۶/۶۵۲	۴۱۹۰/۹۵۹	۴۰۹۱/۲۰۷	۴۲۰۲/۰۱۴	۳۹۸۰/۲	۴۱۸۹/۵۶۳
H	۴۶۷۸/۶۴	۵۰۰۸/۰۷۲	۵۰۴۷/۹۴۸	۴۸۳۲/۱۸۴	۴۷۳۲/۳۵۱	۴۸۴۳/۲۱۶	۴۶۲۱/۲۷۸	۴۸۳۰/۷۳۴

جدول ۱۰. قیمت خرده‌فروش شرکت‌کننده اول برای استکلبرگ تأمین‌کننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۴۲۴۵/۸۲۱	۴۵۷۵/۰۸۵	۴۶۱۴/۹۰۶	۴۳۹۹/۲۷۵	۴۲۹۹/۵۹۳	۴۴۱۰/۲۰۷	۴۱۸۸/۶۱۳	۴۳۹۷/۸۰۴
B	۵۲۳۶/۳۳۶	۵۵۶۵/۵۷۳	۵۶۰۵/۳۸۸	۵۳۸۹/۷۷۱	۵۲۹۰/۱۲۲	۵۴۰۰/۶۹۵	۵۱۷۹/۱۶۳	۵۳۸۸/۳۱
C	۵۳۵۴/۰۲۲	۵۶۸۳/۲۷۴	۵۷۲۳/۰۹	۵۵۰۷/۴۶۶	۵۴۰۷/۸۰۹	۵۵۱۸/۳۸۷	۵۲۹۶/۸۴۴	۵۵۰۵/۹۹۹
D	۴۷۲۷/۸۱	۵۰۵۷/۰۶۸	۵۰۹۶/۸۸۶	۴۸۸۱/۲۵۹	۴۷۸۱/۵۹۱	۴۸۹۲/۱۸۴	۴۶۷۰/۶۱۹	۴۸۷۹/۷۹
E	۴۳۸۸/۶۰۷	۴۷۱۷/۷۹۴	۴۷۵۷/۶۰۸	۴۵۴۲/۰۱۵	۴۴۴۲/۳۷۵	۴۵۵۲/۹۵۵	۴۳۳۱/۴۳	۴۵۴۰/۵۶۹
F	۴۷۴۲/۱۳۶	۵۰۷۱/۴۵۳	۵۱۱۱/۲۷۸	۴۸۹۵/۶۲۱	۴۷۹۵/۹۱۷	۴۹۰۶/۵۴۱	۴۶۸۴/۹۱۷	۴۸۹۴/۱۳۳
G	۴۰۳۶/۶۴۸	۴۳۶۵/۸۰۶	۴۴۰۵/۶۱۹	۴۱۹۰/۰۴	۴۰۹۰/۴۰۷	۴۲۰۰/۹۸۸	۳۹۷۹/۴۷۱	۴۱۸۸/۶۰۲
H	۴۶۷۶/۷۱۸	۵۰۰۵/۹۸۳	۵۰۴۵/۸۰۴	۴۸۳۰/۱۷۲	۴۷۳۰/۴۹۳	۴۸۴۱/۱۰۱	۴۶۱۹/۵۱۵	۴۸۲۸/۷۰۱

جدول‌های ۱۱ و ۱۲ در خصوص سود تولیدکننده اول برای استکلبرگ تولیدکننده و تأمین کننده است. هر یک از اعداد نشان می‌دهد که سود تولیدکننده اول در مقایسه با یکدیگر به چه‌صورت است و در شرایط مختلف، سود تأمین‌کننده چقدر باشد تا بتواند روی شرکت تأثیر داشته باشد.

جدول ۱۱. سود تولیدکننده اول استکلبرگ تولیدکننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۹۹۷۳۰۳۲	۱۱۶۹۷۷۹۶	۱۱۸۷۷۶۹۸	۱۱۰۲۵۷۸۳	۱۰۰۲۴۸۲۲	۱۰۸۱۴۲۷۴	۹۲۵۹۸۵۲	۱۰۴۰۱۳۳۰
B	۲۵۳۳۲۶۵۸	۲۸۰۴۰۵۰۶	۲۸۳۱۸۵۳۴	۲۶۹۹۴۶۳۲	۲۵۴۱۵۵۵۹	۲۶۶۶۲۸۱۶	۲۴۱۸۸۸۵۹	۲۶۰۱۲۴۹۵
C	۲۸۰۷۵۵۰۰	۳۰۹۲۲۷۶۵	۳۱۲۱۴۷۰۸	۲۹۸۲۳۸۶۷	۲۸۱۶۲۸۲۰	۲۹۴۷۴۹۸۶	۲۶۸۷۰۶۵۱	۲۸۷۹۱۰۰۶
D	۱۴۰۵۱۱۹۸	۱۶۰۸۵۶۰۴	۱۶۲۹۶۳۹۷	۱۵۲۹۵۸۲۶	۱۴۱۱۲۸۴۶	۱۵۰۴۶۳۷۷	۱۳۲۰۲۴۷۶	۱۴۵۵۸۷۱۵
E	۱۳۷۴۸۵۰۰	۱۵۷۶۰۹۳۲	۱۶۵۲۰۳۲۴	۱۴۹۷۹۵۴۷	۱۳۸۰۹۲۸۵	۱۴۷۳۲۹۱۹	۱۲۹۰۹۱۲۱	۱۴۲۵۰۴۲۳
F	۱۶۷۸۴۲۵۲	۱۹۰۰۱۹۲۰	۱۵۱۹۸۳۳	۱۸۱۴۲۴۵۵	۱۶۸۵۱۶۰۱	۱۷۸۷۰۶۵۵	۱۵۸۵۵۱۳۲	۱۷۳۳۸۶۶۵
G	۱۱۰۲۷۹۱۱	۱۲۸۳۷۱۶۹	۱۸۹۸۷۱۳	۱۲۱۳۳۰۶۳	۱۱۰۸۲۲۲۴	۱۱۹۱۱۳۳۳	۱۰۲۷۷۴۵۲	۱۱۹۸۲۳۲۱
H	۱۹۳۸۳۷۷۸	۲۱۷۶۱۲۸۴	۱۸۷۱۳۳۱	۲۰۸۴۱۰۶۳	۱۹۴۵۶۰۴۶	۲۰۵۴۹۸۱۰	۱۸۳۸۴۴۱۴	۱۸۷۱۲۱۱۲

جدول ۱۲. سود تولیدکننده اول استکلبرگ تولیدکننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۴۹۹۱۱۷۹	۵۸۵۳۱۵۶	۵۹۴۲۳۶۹	۵۵۱۷۶۷۸	۵۰۱۸۰۵۰	۵۴۰۹۸۰۱	۴۶۳۵۸۱۴	۵۲۰۳۹۴۲
B	۱۲۶۷۷۹۴۴	۱۴۰۳۱۱۷۶	۱۴۱۶۹۰۰۷	۱۳۵۰۹۰۳۹	۱۲۷۲۱۱۲۴	۱۳۳۳۹۶۹۹	۱۲۱۰۸۳۳۶	۱۳۰۱۵۶۵۵
C	۱۴۰۵۲۷۸۴	۱۵۴۷۵۸۷۶	۱۵۶۲۰۶۲۰	۱۴۹۲۷۲۰۱	۱۴۰۹۸۲۸۰	۱۴۷۴۹۱۰۸	۱۳۴۵۲۷۰۸	۱۴۴۰۸۲۴۹
D	۷۰۳۲۲۶۹	۸۰۴۹۰۱۷	۸۱۵۳۵۳۱	۷۶۵۴۷۲۳	۷۰۶۴۳۳۷	۷۵۲۷۴۳۴	۶۶۰۹۴۹۴	۷۲۸۴۳۸۸
E	۶۸۷۷۱۳۱	۷۸۸۲۳۸۲	۷۹۸۵۸۰۱	۷۴۹۲۴۶۷	۶۹۰۸۶۷۶	۷۳۶۶۷۶۸	۶۴۵۹۱۴۱	۷۱۲۶۳۸۴
F	۸۴۰۴۹۴۱	۹۵۱۳۷۹۹	۹۶۲۷۴۵۴	۹۰۸۴۵۴۲	۸۴۳۹۹۴۸	۸۹۴۵۷۷۴	۷۹۴۱۸۲۸	۸۶۸۰۴۵۷
G	۵۵۱۴۸۲۱	۶۴۱۸۳۶۲	۶۵۱۱۷۲۷	۶۰۶۷۰۹۵	۵۵۴۲۹۵۵	۵۹۵۴۱۶۴	۵۱۴۱۱۲۷	۵۷۳۸۲۲۵
H	۹۷۰۳۱۱۷	۱۰۸۹۱۴۷۱	۱۱۰۱۳۰۲۹	۱۰۴۳۲۰۱۷	۹۷۴۰۶۴۴	۱۰۲۸۳۴۲۶	۹۲۰۵۱۴۴	۹۹۹۸۸۹۶

جدول‌های ۱۳ و ۱۴ در خصوص سود تأمین کننده اول برای استکلبرگ تولیدکننده و تأمین کننده است. هر یک از اعداد نشان می‌دهد که سود تأمین‌کننده اول در مقایسه با یکدیگر به چه صورت است و در شرایط مختلف، سود تأمین‌کننده چگونه باشد تا بتواند روی شرکت تأثیر داشته باشد.

جدول ۱۳. سود تأمین‌کننده از تولیدکننده اول استکلبرگ تولیدکننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۸۱۱۸۷۰۱	۱۰۷۶۹۶۱۸	۱۱۱۱۲۳۶۵	۹۲۹۶۹۳۸	۸۵۴۷۷۴۲	۹۴۰۵۳۷۵	۷۷۲۸۲۰۴	۹۳۲۶۱۷۲
B	۱۸۷۸۱۲۶۵	۲۲۸۱۹۴۸۱	۲۳۳۳۴۱۰۸	۲۰۵۷۷۱۵۱	۱۹۴۶۱۳۹۴	۲۰۷۶۱۳۰۴	۱۸۱۹۹۱۱۶	۲۰۶۶۸۰۱۱
C	۲۰۶۳۲۷۴۸	۲۴۸۶۷۳۹۱	۲۵۴۰۶۳۶۷	۲۲۵۱۶۰۱۹	۲۱۳۴۸۴۷۵	۲۲۷۱۰۹۵۳	۲۰۰۲۳۵۷۶	۲۲۶۱۵۷۴۳
D	۱۱۰۷۴۹۳۱	۱۴۱۶۷۵۶۶	۱۴۵۶۴۹۲۱	۱۲۴۵۰۶۶۲	۱۱۵۸۳۲۱۵	۱۲۵۸۲۳۴۷	۱۰۶۲۱۹۹۴	۱۲۴۹۷۵۶۰
E	۱۰۷۳۱۱۹۱	۱۳۷۸۳۱۹۵	۱۴۱۷۵۷۴۳	۱۲۰۸۷۱۸۳	۱۱۲۳۳۵۴۶	۱۲۲۱۸۳۸۳	۱۰۲۸۶۶۷۹	۱۲۱۳۶۲۱۷
F	۱۲۹۲۰۰۹۷	۱۶۲۶۷۶۰۲	۱۶۶۹۶۶۴۷	۱۴۴۰۸۵۹۵	۱۳۴۷۵۰۶۲	۱۴۵۵۴۸۹۵	۱۲۴۳۳۱۲۹	۱۴۴۶۸۴۰۴
G	۸۷۶۱۴۷۰	۱۱۵۲۲۳۴۷	۱۱۸۷۸۹۲۹	۹۹۸۷۰۹۳	۹۲۱۱۷۸۹	۱۰۱۰۳۱۹۴	۸۳۵۸۴۶۷	۱۰۰۲۴۹۹۷
H	۱۴۶۰۷۲۷۹	۱۸۱۷۳۴۸۰	۱۸۶۲۹۷۸۵	۱۶۱۹۱۹۶۵	۱۵۲۰۲۸۴۱	۱۶۳۵۱۴۴۰	۱۴۰۹۲۱۰۶	۱۶۲۶۴۳۰۵

جدول ۱۴. سود تأمین‌کننده از تولیدکننده اول استکلبرگ تأمین کننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۱۳۱۱۴۸۵۲	۱۶۶۳۰۰۷۴	۱۷۰۶۲۰۶۰	۱۴۸۲۰۴۹۶	۱۳۵۷۱۷۴۰	۱۴۸۲۰۶۳۸	۱۲۳۶۹۴۵۸	۱۴۵۳۶۰۳۴
B	۳۱۴۶۷۷۱۵	۳۶۸۶۲۲۹۱	۳۷۵۱۴۸۲۸	۳۴۰۹۵۸۶۷	۳۲۱۹۲۳۶۲	۳۴۱۱۰۲۴۳	۳۰۳۱۶۶۵۴	۳۳۶۹۳۵۸۲
C	۳۴۶۹۵۷۷۵	۴۰۳۵۷۲۴۸	۴۱۰۴۱۱۲۴	۳۷۴۵۴۸۵۱	۳۵۴۵۸۵۰۲	۳۷۴۷۱۳۱۸	۳۳۴۸۷۲۴۹	۱۴۵۳۶۰۳۴
D	۱۸۱۱۳۴۴۰	۲۲۲۲۵۴۸۰	۲۲۷۲۷۳۹۴	۲۰۱۱۲۶۴۵	۱۸۶۵۴۹۱۷	۲۰۱۱۶۶۰۳	۱۷۲۳۸۲۸۹	۳۳۶۹۳۵۸۲
E	۱۷۶۱۱۸۲۶	۲۱۶۷۰۴۲۰	۲۲۱۶۶۲۶۴	۱۹۵۸۳۶۸۹	۱۸۱۴۶۵۱۲	۱۹۵۸۸۶۴۲	۱۶۷۴۹۸۵۷	۳۷۰۳۵۹۹۶
F	۲۱۳۳۴۸۳۹	۲۵۷۹۵۴۵۴	۲۶۳۳۸۴۱۸	۲۳۵۰۴۵۳۲	۲۱۹۲۶۳۲۲	۲۳۵۱۱۸۲۸	۲۰۳۸۵۳۲۱	۱۹۷۸۹۳۱۵
G	۱۴۲۷۸۳۵۹	۱۷۹۴۳۴۷۲	۱۸۳۹۳۲۲۳	۱۶۰۵۶۵۶۱	۱۴۷۵۷۴۰۵	۱۶۰۵۹۱۵۱	۱۳۵۰۲۱۴۶	۱۹۲۶۶۵۱۶
H	۲۴۳۱۸۷۴۷	۲۹۰۷۶۷۴۷	۲۹۶۵۴۷۶۳	۲۶۶۳۳۶۲۶	۲۴۹۵۳۱۶۶	۲۶۶۴۴۱۹۱	۲۳۳۰۶۱۸۴	۲۳۱۶۰۷۰۷

جدول‌های ۱۵ و ۱۶ در خصوص تقاضا شرکت‌کننده اول برای استکلبرگ تولیدکننده و تأمین‌کننده است. هر یک از اعداد نشان می‌دهد که تقاضای تأمین‌کننده اول در مقایسه با یکدیگر به چه صورت است و در شرایط مختلف تقاضای شرکت‌کننده اول چگونه باشد تا بتواند روی شرکت تأثیر داشته باشد.

جدول ۱۵. تقاضای شرکت‌کننده اول استکلبرگ تولیدکننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۸۰۵۹/۱۳۲	۸۷۲۸/۲۴	۸۷۹۵/۱	۸۴۷۳/۸۲۳	۸۷۲۸/۲۴	۸۷۲۸/۲۴	۸۷۹۵/۱	۸۴۷۳/۸۲۳
B	۱۲۸۴۲/۳۷	۱۳۵۱۱/۳۲	۱۳۵۷۸/۱۴	۱۳۲۵۶/۹۵	۱۳۵۱۱/۳۲	۱۳۵۱۱/۳۲	۱۳۵۷۸/۱۴	۱۳۲۵۶/۹۵
C	۱۳۵۲۰/۷۴	۱۴۱۸۹/۷۸	۱۴۲۵۶/۶۱	۱۳۹۳۵/۳۷	۱۴۱۸۹/۷۸	۱۰۱۲۷/۶۵	۱۲۴۳/۸۱۲	۹۱۶۵/۷۱۱
D	۹۵۶۵/۵۸۲	۱۰۲۳۴/۶۶	۱۰۳۰۱/۵	۱۰۱۲۷/۶۵	۸۷۲۸/۲۴	۱۱۱۲۷	۸۷۲۸/۲۴	۸۷۹۵/۱
E	۹۴۵۹/۰۰۶	۱۰۱۲۷/۶۵	۱۰۱۹۴/۴۷	۱۱۱۲۷	۱۳۵۱۱/۳۲	۹۹۸۰/۲۴۵	۱۳۵۱۱/۳۲	۱۳۵۷۸/۱۴
F	۱۰۴۵۷/۵۶	۱۱۱۲۷	۱۱۱۹۳/۸۸	۹۱۳۹/۰۳۲	۱۴۱۸۹/۷۸	۱۰۱۲۷/۶۵	۱۴۱۸۹/۷۸	۱۴۲۵۶/۶۱
G	۸۴۷۰/۵۶۲	۹۱۳۹/۰۳۲	۹۲۰۵/۸۴	۱۰۱۲۷/۶۵	۸۷۲۸/۲۴	۱۱۱۲۷	۸۷۲۸/۲۴	۸۷۹۵/۱
H	۱۱۲۳۵/۵۴	۱۱۹۰۴/۶۶	۱۱۹۷۱/۵۱	۱۱۱۲۷	۱۳۵۱۱/۳۲	۹۱۳۹/۰۳۲	۱۳۵۱۱/۳۲	۱۳۵۷۸/۱۴

جدول ۱٦. تقاضای شرکت‌کننده اول استکلبرگ تأمین‌کننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۹۴۸۸/۳۷۲	۹۹۱۰/۴۱۹
B	۱۲۸۸۰/۴۶	۹۹۱۰/۴۱۹	۱۰۱۸۵/۴۱	۹۸۸۱/۱۳۲	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۲۸۸۰/۴۶	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸
C	۱۲۸۵۸/۵۹	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۹۹۱۰/۴۱۹	۱۲۸۵۸/۵۹	۱۳۵۳۹/۸۴	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۲۸۸۰/۴۶
D	۱۴۲۷۵/۱۷	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۰۱۸۵/۴۱	۱۴۲۷۵/۱۷	۸۰۷۰/۶۷۸	۱۲۸۵۸/۵۹	۱۲۸۵۸/۵۹
E	۱۰۸۱۰/۰۴	۱۰۱۸۵/۴۱	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۹۸۸۱/۱۳۲	۱۲۸۸۰/۴۶	۸۰۷۰/۶۷۸	۹۴۸۸/۳۷۲
F	۹۹۱۰/۴۱۹	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۱۲۸۸۰/۴۶	۸۰۷۰/۶۷۸
G	۱۰۱۸۵/۴۱	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۲۸۸۰/۴۶	۱۰۱۸۵/۴۱	۱۲۸۸۰/۴۶
H	۸۰۷۰/۶۷۸	۸۰۷۰/۶۷۸	۹۴۸۸/۳۷۲	۱۲۸۵۸/۵۹	۱۲۸۵۸/۵۹	۱۲۸۵۸/۵۹	۹۹۱۰/۴۱۹	۹۸۸۱/۱۳۲

جدول‌های ۱۷ و ۱۸ در خصوص سطح رضایت مشتری شرکت‌کنندهٔ اول برای استکلبرگ تولیدکننده و تأمین‌کننده است. هر یک از اعداد نشان می‌دهد که سطح رضایت مشتری تأمین‌کنندهٔ اول، در مقایسه با یکدیگر به چه صورت است و در شرایط مختلف، سطح رضایت مشتری شرکت‌کننده اول چگونه باشد تا بتواند روی شرکت تأثیر داشته باشد.

جدول ۱۷. ماتریس مقایسات سطح رضایت مشتری-استکلبرگ تولیدکننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۸۸۲۰۶۷	۱/۰۶۳۵۷۲	۱/۴۱۱۹۶۵	۱/۲۵۵۴۴۲	۰/۹۴۰۲۲۸	۰/۶۳۸۴۶۱
B	۰/۶۸۸۵۱	۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۸۸۵۱	۱/۵۴۵۹۰۷
C	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۰۶۳۵۷۲	۱	۱/۵۴۵۹۰۷	۰/۶۸۸۵۱	۱/۵۴۵۹۰۷	۱/۲۵۵۴۴۲	۱/۰۶۳۵۷۲
D	۱/۲۵۵۴۴۲	۱/۲۵۵۴۴۲	۰/۶۳۸۴۶۱	۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۱/۲۵۵۴۴۲
E	۰/۶۸۸۵۱	۱/۵۴۵۹۰۷	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۰۶۳۵۷۲	۱	۱/۲۵۵۴۴۲	۱/۵۴۵۹۰۷	۰/۶۳۸۴۶۱
F	۱/۸۵۶۷۳۸	۱/۰۶۳۵۷۲	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۹۵۵۰۷	۱/۵۴۵۹۰۷	۱	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۵۴۵۹۰۷
G	۰/۶۳۸۴۶۱	۱/۲۵۵۴۴۲	۰/۶۸۸۵۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۱	۰/۶۸۸۵۱
H	۱/۵۴۵۹۰۷	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۱۰۲۸۵۱	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۰۶۳۵۷۲	۱/۴۰۵۶۹۷	۰/۹۴۰۲۲۸	۱

جدول ۱۸. ماتریس مقایسات سطح رضایت مشتری-استکلبرگ تأمین کننده

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۹۵۵۰۷	۱/۵۴۵۹۰۷	۰/۹۸۸۹۴۲	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۹۵۵۰۷
B	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۹۵۵۰۷	۰/۸۲۹۴۸۴	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۹۵۵۰۷	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۹۵۵۰۷	۱/۵۴۵۹۰۷
C	۰/۶۸۸۵۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۱	۱/۵۴۵۹۰۷	۰/۶۸۸۵۱	۰/۶۸۸۵۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱
D	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۲۹۴۸۴	۰/۶۳۸۴۶۱	۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۹۵۵۰۷	۱/۱۸۶۸۴۲
E	۱/۱۰۲۸۵۱	۰/۶۸۸۵۱	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۰۶۳۵۷۲	۱	۱/۲۵۵۴۴۲	۱/۵۴۵۹۰۷	۰/۶۳۸۴۶۱
F	۰/۶۸۸۵۱	۰/۶۸۸۵۱	۰/۶۸۸۵۱	۰/۸۹۵۵۰۷	۱/۵۴۵۹۰۷	۱	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۵۴۵۹۰۷
G	۰/۶۸۸۵۱	۱/۱۰۲۸۵۱	۰/۶۸۸۵۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۰/۶۳۸۴۶۱	۱	۰/۶۸۸۵۱
H	۱/۵۴۵۹۰۷	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۱۰۲۸۵۱	۰/۹۴۰۲۲۸	۱/۰۶۳۵۷۲	۱/۴۰۵۶۹۷	۰/۹۴۰۲۲۸	۱

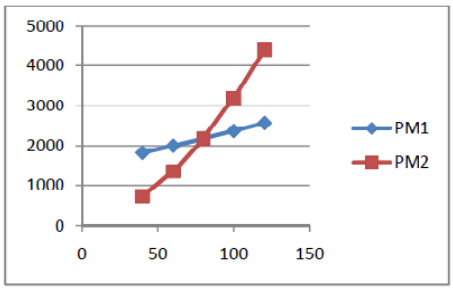
تحلیل حساسیت

الف) تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر a_1

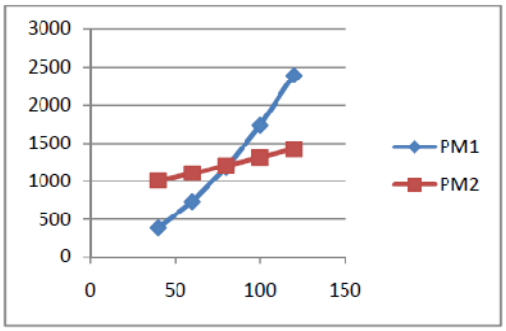
ابتدا به بررسی تغییرات سود تولیدکننده نسبت به تغییر در مبنای بازار برای دو تولیدکننده پرداخته می‌شود. نمودار تغییرات حاکی از آن است که افزایش در مبنای بازار یک تولیدکننده، به افزایش سود برای هر دو تولیدکننده منجر خواهد شد. واضح است ، این افزایش سود برای تولیدکننده ای که مبنای بازار وی افزایش یافته، خیلی بیشتر از تولیدکننده a1 برای تولیدکننده اول است؛ از این رو افزایش سود برای تولیدکننده دیگر، به‌خاطر افزایش در تعداد مشتری هایی است که به‌خاطر حساسیت به قیمت و خدمات از تولیدکننده دوم به تولیدکننده اول روی می‌آورند، که این خود سبب افزایش در سود تولیدکننده دوم می شود. این نمودار می تواند به‌منظور نمایش تغییرات سود، برای محاسبه اقتصادی سطح a_1 هر یک از تولیدکنندگان، در راستای غلبه بر رقیب استفاده شود.

این تصمیم می‌تواند در سطح مدیریتی با اقبال بسیار خوبی مواجه شود؛ به‌گونه‌ای که هر تولیدکننده با فرض ثابت بودن سطح بازار رقیب و با افزایش در وسعت بازار خویش یا افزایش سطح تبلیغات به سطح اقتصادی مبنای بازار خویش

نائل آیند. این سطح از آن جهت حائز اهمیت است که تبلیغات بیش از حد به همان انـدازه کـه سـودآورند، هزینـه‌زا نیـز هستند (شکل‌های ۳ و ۴).



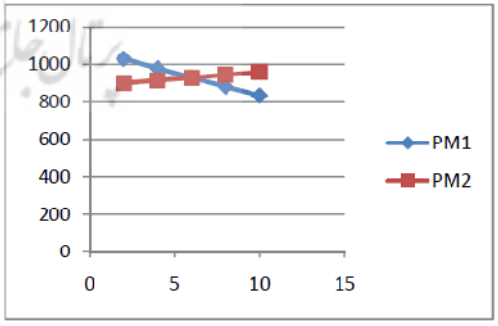
شکل ۳. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر a1 در استکلبرگ تولیدکننده



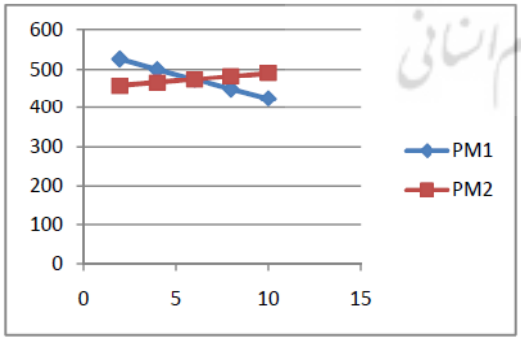
شکل ٤. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر a1 در استکلبرگ تأمین‌کننده

ب) تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر c_1

نمودار تغییر در سود تولیدکننده نسبت به تغییر در هزینه‌های تولید، برای یکی از تولیدکنندگان نمونه بررسی شـده اسـت. نمودار تغییرات حاکی از آن است که کاهش در هزینه تولید، به افزایش سود برای تولیدکننده منجر می‌شود. این در حالی است که سود تولیدکنندهٔ بعدی، در این شرایط کاهش مـی‌یابـد. ایـن تغییـر بـرای تولیدکننـده‌ای کـه هزینـهٔ تولیـد وی کاهش‌یافته، خیلی بیشتر از تولیدکننده دیگر است. البتـه ایـن نتیجـه دور از ذهـن نیسـت کـه بـا کـاهش c بـرای هـر تولیدکننده، سود وی افزایش یابد؛ از این رو کاهش سود برای تولیدکنندهٔ بعدی، به‌خاطر افزایش تعداد مشتری‌هایی است که به‌دلیل حساسیت به قیمت و خدمات از مجموعه مشتری‌های آن ها به مشتری تولیدکننـده مـوردنظر روی مـی آورنـد (به‌خاطر کاهش قیمت عمده فروش تولیدکننده‌ای که هزینه‌های وی کاهش می‌یابد) که این خود سبب افزایش در سـود تولیدکننده می‌شود (شکل‌های ۵ و ۶).



شکل ۵. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر c_1 در استکلبرگ تولیدکننده

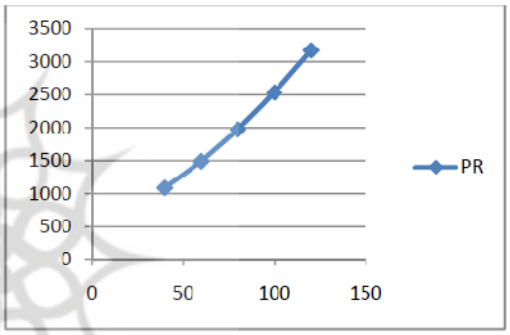


شکل ٦. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر c_1 در استکلبرگ تأمین‌کننده

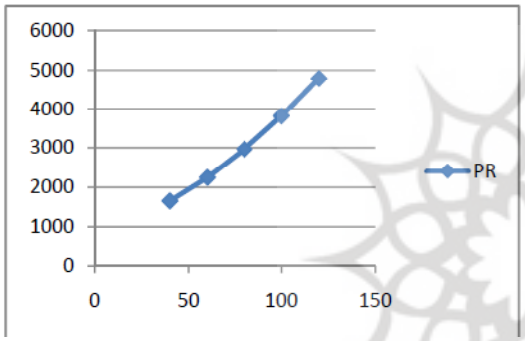
ج) تحلیل حساسیت سود تأمین‌کننده نسبت به تغییر a_1

سود تأمین‌کننده نیز همانند سود تولیدکننده با افزایش مبنای بازار افزایش می‌یابد. افزایش مبنای بازار، سبب می‌شود که سود تأمین‌کننده از بابت همکاری با تولیدکننده‌ها افزایش یابد. این افزایش سود از دو طریق مختلف اتفاق می‌افتد.

- افزایش سود به جهت افزایش قیمت خرده‌فروش: هرچند قیمت عمده‌فروشی به خاطر افزایش مبنای بازار و در نتیجه افزایش تقاضا افزایش می‌یابد، ولی از طرفی به خاطر افزایش در سطح خدمات به جهت ایجاد تعادل در بازی، تأمین‌کننده با نسبت بیشتری قادر به افزایش قیمت خرده‌فروشی است. در نتیجه مقدار عبارت pi-wi افزایش می‌یابد.
- افزایش سود به جهت افزایش حجم فروش: به‌طور مسلم افزایش مبنای بازار، روی میزان فروش تأثیر بسزایی دارد و باعث افزایش آن می‌شود. سود تأمین‌کننده نیز به تابعی صعودی از حجم فروش است.



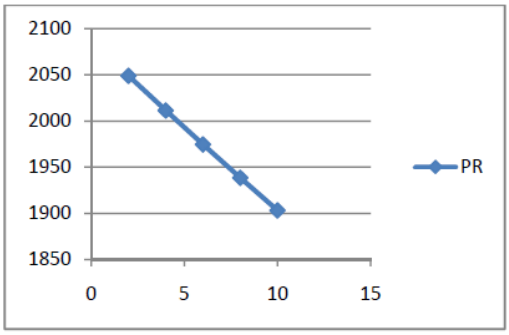
شکل ۷. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر a_1 در استکلبرگ تولیدکننده



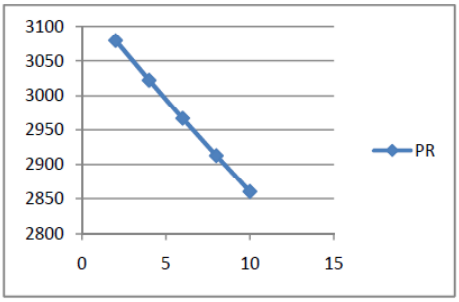
شکل ۸. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر a_1 در استکلبرگ تأمین‌کننده

د) تحلیل حساسیت سود تأمین‌کننده نسبت به تغییر c_1

به‌طور مسلم سود تأمین‌کننده در نتیجهٔ کاهش هزینه‌های تولید، به‌خاطر کاهش در هزینه‌های عمده‌فروش افزایش می‌یابد؛ لذا تولیدکننده برای حفظ جایگاه خود از دیدگاه تأمین‌کننده و بهبود جایگاه رقابتی خود باید به‌دنبال کاهش هزینه‌های تولید باشد. این فرایند بیشتر از افزایش مبنای بازار، می‌تواند به مزایای رقابتی تولیدکننده کمک کند؛ زیرا در این شرایط سود برای تولیدکننده دیگر در حال کاهش بوده و این خود سبب بهبود بیشتر جایگاه رقابتی تولیدکننده می‌شود. کاهش سود تولیدکننده دیگر نیز، بیشتر به‌خاطر کاهش در مقدار تقاضای آن‌هاست؛ زیرا تولیدکننده مورد نظر با کاهش در قیمت عمده‌فروش و در نتیجه کاهش قیمت خرده‌فروش، به میزان بیشتری از تقاضای رقیب خویش را جذب می‌کند.



شکل ۹. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر c_1 در استکلبرگ تولیدکننده



شکل ۱۰. تحلیل حساسیت سود تولیدکننده نسبت به تغییر c_1 در استکلبرگ تأمین‌کننده

جدول ۱۹. مقایسه پارامترهای تغییریافته و مؤثر در قیمت‌گذاری ایستا و پویا

پارامترها	قیمت‌گذاری پویا	قیمت‌گذاری ایستا
تقاضای محصول (B_j)	تقاضا نسبت به عرضه افزایش پیدا می‌کند و این افزایش متوسط قیمت فروش محصول را به همراه دارد	تقاضای محصولات ثابت است.
سود تأمین‌کننده (b_i)	سود در این حالت پیش‌بینی‌کردنی نیست	سود پیش‌بینی‌کردنی است.
متوسط قیمت محصول (P_j)	به‌دلیل وجود تقاضا، متوسط قیمت محصول رو به افزایش است	متوسط قیمت محصولات به‌صورت فرسایشی و تدریجی بالا می‌رود.
مجموع تولیدات (M_k)	به‌دلیل افزایش تقاضای محصول مجموع تولیدات نیز افزایش می‌یابد.	به‌دلیل ثبات تقاضا مجوع تولیدات پایین است.
سود زنجیرهٔ تأمین (B_j)	به‌دلیل فروش بالای محصول سود زنجیرهٔ تأمین افزایش می‌یابد.	به‌دلیل عدم افزایش تقاضا سود زنجیرهٔ تأمین ثابت یا نزولی است.
فروش از دست رفته (L_j)	به‌دلیل وجود تقاضا فروش از دست رفته کاهش می‌یابد.	فروش از دست رفته بخشی از سیستم زنجیرهٔ تأمین است.

بحث و نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر، ایجاد یک تابع تقاضای تصادفی بر مبنای الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی ذرات، دو مدل احتمالی تک‌دوره‌ای در یک فضای رقابتی ارائه می‌شود. در مدل اول، خرده‌فروشان فقط نقش واسطه‌ای دارد و در قیمت‌گذاری و یا مقدار بهینه سفارش تصمیم نمی‌گیرند. در مدل یادشده، فرض بر این است که خرده‌فروشان تقاضا را دقیقاً و به همان میزانی که هست از مشتریان به تأمین‌کنندگان انتقال دهند. تأمین‌کنندگان برمبنای میزان تولید خود با کمبود و مازاد عرضه روبه‌رو می‌شوند. هدف این مدل، تعیین مقدار بهینه و مطلوب تولید و همچنین، قیمت برای هر تأمین‌کننده است. علاوه‌بر این، در این مدل، هزینه‌های مسیریابی به‌روش تقریبی وارد مدل شده است. نتایج محاسبات حاکی از آن است که تقریب ارائه‌شده بسیار دقیق است و نقطهٔ تعادل را در زمان بسیار کمتری نسبت به مدل اصلی ارزیابی می‌کند. در

مدل دوم، فرض بر این است که خرده فروشان با توجه به تعداد سفارش‌هایی که ارسال می‌کنند، متحمل هزینه‌های کمبود یا نگهداری می‌شوند. در این مدل نیز، تأمین‌کنندگان قیمت نهایی را تعیین می‌کنند و هدف خرده‌فروشان تعیین مقدار بهینه سفارش است. در این مدل، فرض بر این است که تولید تأمین‌کنندگان سفارشی شده و هزینه‌های موجودی فقط برای خرده‌فروشان لحاظ می‌شود. مسئلهٔ مهمی که در رابطه با این مدل انجام شده، توجه به قیمت‌گذاری پویاست که همواره در مباحث مطرح‌شده در حوزهٔ تئوری پویایی زنجیرهٔ تأمین، اهمیت و البته پیچیدگی زیادی دارد.

پیشنهادهای مدیریتی

بر اساس نتایج، می‌توان پیشنهادهای زیر را ارائه داد:

الگو و راه‌کار پیشنهادی به‌منظور استفاده ازمدل‌های پیشنهادی مبتنی بر نیازمندی‌های اطلاعاتی، زیرساخت‌های موجود، وضعیت بازار، وضعیت زنجیره‌های تأمین و همچنین، نحوه حرکت و تصمیم‌گیری سطوح مختلف است. قیمت‌گذاری کارا و ثمربخش مستلزم گردآوری و پردازش اطلاعات مناسب حسابداری و همچنین اطلاعات مربوط به بازار و رقباست. علاوه بر این، افرد باید در برابر تغییرات قیمت‌ها، اطلاعات و آگاهی کافی داشته باشد. شرکت‌ها با در نظر گرفتن این عوامل، می‌توانند به استراتژی مؤثر و کارآمد در قیمت‌گذاری دست پیدا کنند. به‌منظور بهبود قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین، مدیران باید به مدیریت اطلاعات، به‌ویژه در حوزهٔ مدیریت صحیح و هماهنگی بین فعالیت‌ها توجه ویژه داشته باشند. علاوه‌بر این، در زمینهٔ لجستیک لازم است که تهیهٔ مواد خام و نگهداری مورد توجه قرار گیرد. در زمینهٔ مدیریت روابط نیز باید روی قابلیت‌ها و اعتماد متقابل تمرکز شود. در نظر گرفتن هم‌زمان موضوع انتخاب تأمین‌کننده، تخصیص سفارش و قیمت‌گذاری، به خرده‌فروشان کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری را بهبود بخشند. علاوه بر این، تقاضای مبتنی بر قیمت و شرایط مختلف تخفیف، مفروض‌هایی هستند که به کاربردی‌تر شدن مدل کمک می‌کنند. در ضمن، باید به این نکته اشاره کرد که مدل‌های اشاره شده در پژوهش حاضر، بر حاکم بودن فرض تسهیم اطلاعات، مشارکت کامل تمامی سطوح زنجیرهٔ تأمین در تعامل اطلاعاتی و همچنین، شرایط دستیابی به اطلاعات کامل مبتنی است. این شرایط در دنیای واقعی، معمولاً روی نخواهد داد و بهتر است از بازی‌های ناقص، ناتمام و ناکامل همچون بازی علامت‌دهی یا بازی‌هایی با تعادل «بیزین نش» استفاده شود. در ضمن، مدل‌های طراحی شده در مقاله حاضر، بر یک بازه زمانی و به عبارتی بازی‌های غیرتکراری مبتنی هستند؛ در صورتی که در عمل تعامل بین سطوح مختلف زنجیرهٔ تأمین در گذر زمان رواج داشته و استفاده از بازی‌های تکراری می‌تواند در تحقیقات آتی استفاده شود و توسعه یابد.

پیشنهادهای آتی

در پژوهش حاضر زنجیرهٔ تأمین مورد بررسی دارای سه سطح شامل خرده‌فروشان، تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان بود که به‌منظور دستیابی به مدلی جامع در زمینهٔ ایجاد همکاری در زنجیرهٔ تأمین، افزایش سطوح زنجیرهٔ تأمین در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود. در ضمن، رابطه بین تولیدکنندگان و خرده‌فروشان از نوع یک‌به‌یک بود و هر تولیدکننده محصول خود را تنها به یک خرده‌فروش ارائه می‌کرد که این موضوع نیز می‌تواند در پژوهش‌های آتی بدون در نظر گرفتن تعامل یک‌به‌یک، مجدد بررسی شود.

منابع

تیموری، احسان؛ امیری، مقصود؛ الفت، لعیا و زندیه، مصطفی (۱۳۹۹). مدل انتخاب تأمین‌کننده، تخصیص سفارش و قیمت‌گذاری در مدیریت زنجیره تأمین چند کالایی تک‌دوره‌ای و چند تأمین‌کننده با رویکرد روش‌های سطح پاسخ و الگوریتم ژنتیک. *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۱)، ۱-۲۳.

حسین‌زاده کاشان، علی و سردشتی، تینا (۱۴۰۲). تصمیم‌های بهینه قیمت‌گذاری، وارانتی و سطح کیفیت، در یک زنجیرهٔ تأمین دوسطحی رقابتی با استفاده از الگوریتم قهرمانی در لیگ‌های ورزشی. *مدیریت صنعتی*، ۱۵(۱)، ۶۵- ۹۱.

صبوری، غزاله؛ نصیری، غلامرضا و صالحی، حسین (۱۴۰۲). ارزیابی یک مدل قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین دوسطحی با یکپارچه‌سازی کانال‌های سنتی و مدرن با لحاظ سیاست مرجوعی. *مدیریت صنعتی*، ۱۵(۱)، ۹۲- ۱۱۱.

مجیبیان، فاطمه؛ خدیور، آمنه (۱۳۹۵). طراحی مدل قیمت‌گذاری محصول در خوشه‌های صنعتی با استفاده از مفهوم نظریه بازی‌ها (مطالعه موردی: خوشهٔ سنگ استان تهران. *مدیریت صنعتی*، ۸(۲)، ۲۶۳- ۲۸۶.

References

Bahinipati, B.K., Kanda, A. & Deshmukh, S.G. (2019). Horizontal collaboration in semiconductor manufacturing industry supply chain: An evaluation of collaboration intensity index. *Computers & Industrial Engineering*, 57(3), 880-895.

Cachon, G. P. & Feldman, P. (2023). Dynamic versus static pricing in the presence of strategic consumers, *working paper.*

Cachon, G. P. & Lariviere, M. A. (2005). Supply Chain Coordination with Revenue Sharing Contracts: Strength and Limitations. *Management Science*, 51(1), 30-44.

Chen, Y. & Farias, V.F. (2018). Robust Dynamic Pricing with Strategic Customers. *Mathematics of Operations Research*, 43(4), 1119–1142.

Deksnytė, I., & Lydeka, Z. (2013). Dynamic pricing models and its methodological aspects. *Journal of Taikomoji ekonomika: sisteminiai tyrimai*, 7(2), 143-153.

Dye, C. Y., Yang, C. T. & Wu, C. (2018), Joint dynamic pricing and preservation technology investment for an integrated supply chain with reference price effects. *Journal of the Operational Research Society*, 69(6), 811-824.

Esmaeili, M. & Ghobadi, S. N. (2018). A game theory model for pricing and supplier selection in a closed-loop supply chain. *International Journal of Procurement Management*, 11(4), 472-494.

Feng, E.L., Zhang, J. & Tang, W. (2023). A joint dynamic pricing and advertising model of perishable products. *Journal of the operational Research Society*, 66(S), 1341-1351.

Friesz, T. L. & Han, K. (2019). The mathematical foundations of dynamic user equilibrium. *Transportation research part B: methodological*, 126, 309-328.

Gumus, J., Wen, Z., Zhon, Y. & Ji, K. (2023). The competitive strategies between the traditional and online retailers, *International conference on service systems and service management*, 182(2), 325-311.

Hosseinzadeh Kashan, A. & Sardashti, T. (2023). Optimal pricing, warranty and quality level decisions in a competitive two-level supply chain using the championship algorithm in sports leagues. *Industrial Management*, 15(1), 65-91. (*in Persian*)

Jabber, A. & Bertini, M. (2023). Profiting when customers choose value over price. *Business strategy review*, 22(1), 146-149.

Jiazhen, H. & Qin, L. (2008, October). Revenue coordination contract based on Stackelberg game in upsteam supply chain. *In 2008 4th International Conference on Wireless Communications,* Networking and Mobile Computing.

Lin, Y. J. & Ho, C. H. (2011). Integrated inventory model with quantity discount and price sensitive demand. *Top,* 19 (1), 177-188.

Liu, Y. & Cooper, W.L. (2015). Cooper, Optimal dynamic pricing with patient customers. *Operations research*, 63(6), 1307-1319.

Mujibian, F. & Khadivar, A. (2015). Designing a product pricing model in industrial clusters using the concept of game theory (case study: Stone cluster of Tehran province). *Industrial Management,* 8(2), 263-286. (*in Persian*)

Mulvey, J. M., Vanderbei, R. J., & Zenios, S. A. (1995). Robust optimization of large-scale systems. *Operations research*, 43(2), 264-281.

Pan, F. & Nagi, R. (2010). Robust supply chain design under uncertain demand in agile manufacturing. *Computers & Operations Research*, 37(4), 668–683.

Peng, J., Amoozad Mahdiraji, H., Govindan, K. & Midute, L. (2013). Leadership Selection in an Unlimited Three Echelon Supply Chain. I*nternational Journal of Business, Economics and Management*, 14(3), 616-637.

Rana, R. & Oliveira, F. S. (2014). Real-time dynamic pricing in a non-stationary environment using model-free reinforcement learning.*Omega*, 47, 116–126.

Sabouri, Gh., Nasiri, Gh. & Salehi, H. (2023). Evaluation of a pricing model in a two-level supply chain by integrating traditional and modern channels in terms of return policy. *Industrial Management*, 15(1), 92-111. (*in Persian*)

Sarkis, J. (Ed.). (2024). *The Palgrave Handbook of Supply Chain Management*. Springer International Publishing AG.

Shen, H. & Pang, Z. (2020). Supply chain coordination via capacity options with uncertain demand and supply. *In 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (IEEE Cat. No. 04CH37583)

Thompson, G.M. (2018). The Value of Timing Flexibility in Restaurant Reservations. *Cornell Hospitality Quarterly, 60*, 378 - 388.

Timuri, E., Amiri, M., Alfat, L. & Zandiyeh, M. (2019). Model of supplier selection, order allocation and pricing in multi-product single-period and multi-supplier supply chain

management with the approach of response level methods and genetic algorithm. *Industrial Management*, 12(1), 1-23. (*in Persian*)

Wee, H. M., Lee, M. C., Yang, P. C. (2013). Bi-level vendorbuyer strategies for a time varying product price. *Applied Mathematics and computation*, 219(18), 9670-9680.

Xu, J. & Liu, N. (2014). Research on closed loop supply chain with reference price effect. *Journal of intelligent Manufacturing*, 107(5): 10845-0154.

Yu, C.S. & Li, H.L. (2000). A robust optimization model for stochastic logistic problems. *International journal of production economics*, 64(1-3), 385-397.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی