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

Optimal Pricing, Warranty, and Quality Level Decisions in a Competing Dual-channel Supply Chain

Ali Husseinzadeh Kashan*
*Corresponding Author, Associate Prof., Faculty of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: a.kashan@modares.ac.ir

Tina Sardashti
MSc. Student, Faculty of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: tina.sardashti@modares.ac.ir

Abstract

Objective: The globalization of the economy and the improvement of data innovation has caused the supply-oriented market to alter to the demand-oriented market. Furthermore, organizations ought to prioritize the desires of clients to proceed and survive in the competitive market, which requires the presence of supply chain management. Considering the wide assortment of products and today's competitive market, choosing the correct strategies to provide the required services according to a few primary components such as price, quality level, and the warranty period is one of the most concerns of company managers and dealers. This study sought to consider the increase in the profit of each part of the chain along with providing appropriate services and keeping up product quality, extracting and applying suitable implementation strategies. It also tried to present pricing strategies in a two-echelon supply chain comprised of one manufacturer and two competing retailers, with warranty period, quality, and price-dependent demands.

Methods: The strategies presented and discussed in this research have several implications; in addition; their improvements are practical. The profit functions of the manufacturer and the retailers were maximized under centralized and decentralized approaches. Mathematical models were developed in four distinctive cases (i) two non-cooperative frameworks, (ii) a channel-cooperative framework, and (iii) a global-cooperative framework. The producer intended to maximize his benefit by setting a diverse wholesale price for each of the retailers and the length of the common warranty period. On the other hand, retailers maximized their profit by setting the selling price for consumers. This can be explained through the models related to general cooperation strategies, cooperation within the channel, and non-cooperation (Stackelberg of the leading producer and Stackelberg of the leader retailers), furthermore; the profit function of each case and its formula is presented.

Results: For each case, the values of the main decision variables and the profit of each member of the supply chain were calculated and appeared in a numerical case. Moreover, the total profit was compared with each other through two solution methods i.e., the Mathematica computer program and the Championship Algorithm in sports leagues (LCA). The championship algorithm in sports leagues was presented as a population-based algorithm for worldwide search in continuous space and inspired by sports competitions within the real world. During this algorithm, distinctive solutions that can be given to a problem were compared and each one was improved based on its suitability, last; a solution close to the optimum was selected.

Conclusion: A research gap was recognized by studying the research conducted within the field of pricing, warranty, and product quality using the game theory approach. On the other hand, the models were developed by considering all decision variables at the same time as well as between a manufacturer and two competitive retailers deciding on the retail price to maximize their profit. In this regard, four models of Stackelberg manufacturer leader, Stackelberg retailer leader, participation within the channel, and overall cooperation were considered. In all models, the LCA algorithm resulted in better answers compared with Mathematica software. In this study by investigating four techniques, we realized that the best reply can be achieved through the cooperation strategy which is more profitable than the others. Finally, sensitivity analyses were also performed on various model parameters.

Keywords: Advertising, Competing, Game Theory, Pricing, Quality, Supply chain, Warranty.

Citation: Husseinzadeh Kashan, Ali & Sardashti, Tina (2023). Optimal Pricing, Warranty, and Quality Level Decisions in a Competing Dual-channel Supply Chain. *Industrial Management Journal*, 15(1), 65-91. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2023, Vol. 15, No 1, pp. 65-91
Published by University of Tehran, Faculty of Management
https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.349399.1007987
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: October 02, 2022
Received in revised form: February 01, 2023
Accepted: February 06, 2023
Published online: April 19, 2023

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

تصمیم‌های بهینه قیمت‌گذاری، وارانتی و سطح کیفیت، در یک زنجیرهٔ تأمین دوسطحی رقابتی با استفاده از الگوریتم قهرمانی در لیگ‌های ورزشی

علی حسین‌زاده کاشان*

* نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: a.kashan@modares.ac.ir

تینا سردشتی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: tina.sardashti@modares.ac.ir

چکیده

هدف: گستردگی، تنوع کالاها و بازار بسیار رقابتی امروز، باعث شده است که انتخاب استراتژی مناسب برای سرویس‌دهی مطلوب با توجه به چند عامل اصلی، مانند قیمت، سطح کیفیت و طول دوره وارانتی، به یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران شرکت‌ها و فروشندگان تبدیل شود. بنابراین استخراج و بررسی استراتژی اجرایی مناسب، با توجه به افزایش سود هر یک از اعضای زنجیره، در کنار ارائه خدمات مناسب و حفظ کیفیت محصول، از اولویت‌های اصلی این پژوهش است. در این پژوهش، 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 بررسی شده است.

روش: روش این پژوهش توسعه‌ای ـ کاربردی است. توابع سود تولیدکننده و خرده‌فروشان، تحت بازی‌های همکاری و غیر همکاری حداکثر شده‌اند. چهار بازی مختلف در این پژوهش مدل‌سازی شده که عبارت است از: ۱. استکلبرگ (تولیدکننده رهبر)؛ ۲. استکلبرگ (خرده‌فروشان رهبر)؛ ۳. همکاری در کانال؛ ۴. همکاری کلی.

یافته‌ها: برای هر یک از مدل‌ها، مقادیر متغیرهای اصلی و سود هر یک از اعضای زنجیرهٔ تأمین محاسبه و در یک مثال عددی نشان داده شده است. همچنین سود نهایی از طریق دو روش حل از طریق نرم‌افزار متمتیکا و الگوریتم قهرمانی در لیگ های ورزشی (LCA) با یکدیگر مقایسه شده است.

نتیجه‌گیری: مقادیر به‌دست‌آمده از طریق الگوریتم LCA در همه مدل‌ها جواب‌های بهتری را نشان داد. با توجه به نتایج و با بررسی هر چهار استراتژی، مشخص شد که بهترین پاسخ، از طریق استراتژی همکاری به‌دست می‌آید و این استراتژی، نسبت به سایر استراتژی‌ها پرسودتر است. در نهایت، روی پارامترهای مدل‌های مختلف تحلیل حساسیت انجام شده است.

کلیدواژه‌ها: تبلیغات، تئوری بازی‌ها، رقابتی، زنجیرهٔ تأمین، قیمت‌گذاری، کیفیت، وارانتی.

استناد: 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.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۲، دوره ۱۵، شماره ۱، صص. ۶۵- ۹۱
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۰
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.349399.1007987

مقدمه

جهانی‌شدن اقتصاد و توسعهٔ فناوری اطلاعات، بازار عرضه‌محور را به بازار تقاضامحور تغییر داده است و سازمان‌ها می‌بایست به‌منظور تداوم و حفظ بقای خود، برآورده‌کردن نیاز مشتریان را در اولویت قرار دهند. این امر مستلزم وجود مدیریت زنجیرهٔ تأمین کارآمد و بهره‌ور است. مدیریت زنجیرهٔ تأمین، به‌معنای هدایت هماهنگ و یکپارچهٔ اعضای زنجیرهٔ تأمین با هدف بهبود عملکرد، جهت ارتقای بهره‌وری و سود بیشتر است و مدیران زنجیرهٔ تأمین، در پی تحویل سریع‌تر خدمات و کالاها، همراه با افزایش کیفیت و کاهش هزینه هستند. حفظ تنوع در محصولات و پاسخ‌گویی سریع به نیازهای مشتری از شاخص‌های اصلی حفظ رضایت مشتریان در بازار رقابتی است (فرخی و راستی برزکی، ۱۳۹۴). مسئلهٔ رقابت اولین مسئله‌ای است که شرکت‌ها در شرایط واقع‌بینانه با آن دست‌وپنجه نرم می‌کنند و سیاست‌های آن‌ها و رقبای آن‌ها، سهم‌شان را از بازار و سود تعیین می‌کند. در سال‌های اخیر، روند رو به رشدی در تحقیقات، روی رقابت متمرکز شده است (صادقی و تالی‌زاده، چان و حیدری[1]، ۲۰۱۸).

به‌طور کلی ارائهٔ محصولات با شرایط بهتر در مقایسه با سایر رقبا و استفاده از گام‌های درستِ شناسایی و انتخاب استراتژی‌های مناسب، برای رسیدن به موقعیت مناسب در برابر رقبا، یکی از اصل‌های مهم برای رسیدن به سودآوری در مدل‌های کسب‌وکار است.

آقازاده و مالکی (۱۳۹۹) کیفیت رابطه میان خریداران و تأمین‌کنندگان را به‌عنوان کلیدی‌ترین عنصر ارتباط بین آن‌ها دانستند و به بررسی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های آن پرداختند.

رقابت برای تعیین قیمت یکی از مسئله‌های مهمی است که سازمان‌ها و شرکت‌ها با آن مواجه می‌شوند، اما عمدهٔ شرکت‌ها قادر نیستند این مسئله را حل کنند. تصمیم بهینه دربارهٔ سیاست قیمت‌گذاری، کل سودآوری یک سیستم زنجیرهٔ تأمین را اصلاح می‌کند. دانستن تقاضای مشتری با قیمت مناسب، برای یافتن تصمیم‌های بهینه در خصوص سیاست قیمت‌گذاری ضروری است. با یکسان شدن کیفیت محصولات رقبا و تشدید رقابت، قیمت به یکی از عامل‌های مهم مؤثر برای حفظ و جذب مشتریان، وفاداری و رضایت آن‌ها تبدیل شده است. با توجه به اینکه رقابت‌های سنتی روی عنصر قیمت متمرکز بوده‌اند، امروزه با تغییر ماهیت بازار، زنجیره‌های تأمین بسیاری برای ایجاد یک برند وفادار، به وابستگی آن به عوامل دیگر مثل کیفیت محصول و خدمات روی آورده‌اند.

کیفیت ارتباط نزدیکی با بازگشت محصول دارد. محصولات با سطح خدمات وسطح کیفیت پایین، رضایت مشتری را کاهش می‌دهد و به بازگشت مکرر محصول منجر می‌شود (کرمانی و رائو[2]، ۲۰۰۰؛ وایتفیلد و دافی[3]، ۲۰۱۲).

اهمیت وارانتی محصولات برای مصرف‌کننده و معاملات تجاری رو به افزایش است، بنابراین به‌طور گسترده برای مقاصد مختلف ارائه می‌گردد (وو[4]، ۲۰۱۳). ارائهٔ وارانتی به سیستم برای مدت زمان مشخص، یکی از راه‌های مؤثر برای اطمینان خاطر از قابلیت اطمینان یک قطعه (یا سیستم) است (نیواز و گرگ[5]، ۲۰۱۸). معمولاًیک وارانتی جامع که دورهٔ

1. Sadeghi, Taleizadeh, Chan & Heydari
2. Kirmani & Rao
3. Whitefield & Duffy
4. Wu
5. Niwas & Garg

طولانی‌تری را پوشش می‌دهد، به معنی کیفیت بالاتر محصول است. بنابراین، تولیدکنندگان سعی می‌کنند وارانتی‌های مختلفی را ارائه دهند. از طرفی دورهٔ وارانتی و قیمت فروش به روشی پیچیده، تحت شرایط بهینه هم‌بستگی مثبت دارند (چین، ژانگ، وانگ و شوو[1]، ۲۰۱۹). به‌دلیل رقابت فشرده و بسیار، تولیدکنندگان به‌دنبال ارائهٔ مدت وارانتی بیشتری هستند که هزینهٔ زیادی برای آن‌ها دارد؛ در نتیجه راهی را جست‌وجو می‌کنند تا هزینه‌های مربوط به خرابی محصولات، تحت پوشش وارانتی کاهش پیدا کند (نصراللهی و اصغری زاده، ۱۳۹۵).

در نظر گرفتن ابعاد مختلف به ما کمک می‌کند تا مدلی نزدیک‌تر به واقعیت ارائه دهیم؛ اما پیچیدگی زیاد مدل و تابع تقاضا، مانع رسیدن به جواب درست خواهد شد؛ به همین دلیل استفاده از الگوریتم‌های تکاملی‌ای که جواب درست یا جوابی درست با درصد خطای کمی بدهد، حائز اهمیت است. در این پژوهش از الگوریتم LCA استفاده خواهد شد.

در سال ۲۰۰۹، یک الگوریتم تکاملی جدید، به‌نام الگوریتم قهرمانی در لیگ LCA برای بهینه‌سازی عمومی معرفی شد که شبیه مسابقات قهرمانی لیگ ورزشی بود. این الگوریتم برای بهینه‌سازی عددی به‌کار می‌رود (حسین‌زاده کاشان[2]، ۲۰۰۹). از زمان معرفی LCA در سال ۲۰۰۹ بسیاری از محققان سعی کردند این الگوریتم را برای حل مسائل خاص در پژوهش‌های خود به‌کار ببرند.

با مرور ادبیات پژوهش، مسئله‌ای در رابطه با در نظر گرفتن قیمت، طول دورهٔ وارانتی و کیفیت به‌صورت هم‌زمان طی سناریوهای استکلبرگ (تولیدکننده رهبر)، استکلبرگ (خرده‌فروشان رهبر)، همکاری در کانال و همکاری کلی یافت نشد. همچنین استفاده از الگوریتمی ابتکاری برای یافتن جواب بهینه در سناریوهای فوق، در پژوهشی در نظر گرفته نشده است.

سؤال‌های پژوهش

۱. مقدار بهینهٔ قیمت خرده‌فروشان در حالت همکاری و غیرهمکاری چیست؟
۲. مقدار بهینهٔ طول دورهٔ وارانتی تولیدکننده در حالت همکاری و غیرهمکاری چیست؟
۳. مقدار بهینهٔ سطح کیفیت در حالت همکاری و غیرهمکاری چیست؟
۴. استفاده از الگوریتم LCA بهتر است یا استفاده از نرم‌افزار متمتیکا[3] و چرا؟ کدام نتایج بهتری را ارائه می‌دهد؟

در ادامه ادبیات پژوهش بیان می‌شود، سپس به بیان مسئله می‌پردازیم که مشتمل بر نمادها، مفروضات و مدل‌سازی ریاضی مسئله در حالت تصمیم‌گیری غیرهمکاری و همکاری است. در بخش مثال عددی، نتایج عددی بر اساس داده‌ها و تحلیل حساسیت روی پارامترها بیان می‌شود، در آخر نتیجه‌گیری پژوهش ارائه خواهد شد.

پیشینهٔ پژوهش

از آنجایی که فناوری به‌سرعت در حال توسعه است و رقابت‌ها کاملاً نزدیک است، بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین تنها از

1. Chien, Zhang, Wang & Sheu
2. Husseinzadeh Kashan
3. Mathematica

طریق هماهنگی و همکاری نزدیک شرکت‌ها امکان‌پذیر است (فانگ و شوو[1]، ۲۰۱۵). شرکت‌ها برای توسعه به یکپارچگی در زنجیرهٔ تأمین نیاز دارند که یکپارچگی داخلی، یکپارچگی تأمین‌کنندگان و یکپارچگی مشتری را شامل می‌شود (میرحبیبی، فارسیجانی، مدیری و خلیلی دامغانی، ۱۳۹۷). یکپارچگی علاوه‌بر زنجیره‌های ارائه‌دهندهٔ خدمات و محصولات، در زنجیره‌های بشردوستانه نیز مورد بحث قرار گرفته است. صادقی مقدم، تقی‌زاده و نوفرستی (۱۴۰۰) به هماهنگی و یکپارچه‌سازی زنجیرهٔ تأمین بشردوستانه برای بازسازی مسکن، پس از سیل در شرایط تورمی و غیرتورمی پرداختند.

تأثیر چگونگی دستیابی به استراتژی‌های هماهنگی عادلانه یا انگیزشی و تصمیم‌گیری قیمت‌گذاری بر سطح سود اعضای زنجیرهٔ تأمین، هنوز موضوع داغی برای پژوهش است (لی، رائو، گو و یانگ[2]، ۲۰۲۱). پژوهش‌های متفاوتی به بررسی قیمت‌گذاری پرداخته‌اند، از جمله مجیبیان و خدیور (۱۳۹۵) که بیان کرده‌اند قیمت‌گذاری محصولات، همواره یکی از تصمیم‌های مهم هر بنگاه است؛ زیرا به شناخت دقیق عوامل و ویژگی‌های اثرگذار بر تقاضای سایر رقبا، هزینهٔ تأمین این عوامل و واکنش آن‌ها نیاز دارد. آن‌ها به بررسی قیمت‌گذاری محصول در خوشه‌های صنعتی پرداخته‌اند.

معمولاً اعتقاد بر این است که نظریهٔ بازی، روشی کارآمد و کاربردی برای مدل‌سازی رفتارهای ریاضی عوامل (مانند شرکت‌ها، تیم‌ها یا افراد) تحت شرایط رقابتی و مشارکتی مختلف است. هر دو سناریوهای مشارکتی و غیرهمکاری، معانی خوبی را دربرمی‌گیرند و می‌توانند بینش‌های مهمی را آشکار کنند؛ در نتیجه شکی نیست که نظریهٔ بازی‌ها به تحقیقات کمک زیادی می‌کند (چوی، تالی زاده و یو[3]، ۲۰۲۰).

در سال ۱۹۴۴ با انتشار کتاب *نظریهٔ بازی‌ها*[4] *و رفتار اقتصادی*، اثر جان فون نویمان و اسکار مورگنسترن، تئوری بازی‌ها راه خود را به تحقیقات باز کرد. نظریهٔ بازی دربارهٔ رقابت و همکاری با استفاده از مدل‌های ریاضی در بین تصمیم‌گیرندگان منطقی ارائه شده است (میرسون[5]، ۱۹۹۷). از نظریهٔ بازی‌ها برای تعیین استراتژی‌های بهینه در وضعیت درونی و محیطی سازمان‌ها استفاده می‌کنند (سیدی، امیری و یوسفی هنومرور، ۱۳۹۵). استفاده از نظریهٔ بازی‌ها در زنجیره‌های متفاوت، باعث بهبود و حل مشکلاتی از جمله اثر شلاقی می‌شود.

افزایش نوسان تغییرات تقاضا از انتها به ابتدای زنجیره را اثر شلاقی گویند (بنی‌هاشمی و حاجی مولانا، ۱۳۹۶). تقاضای بازار به عوامل مختلفی از جمله کیفیت محصول، زمان عرضه، برند و غیره بستگی دارد (سنتوس و گارنیری[6]، ۲۰۲۰). در مطالعه‌ای شناسایی تأثیر رفتار غیرهمکاری و مشارکتی در بین اعضای کانال بر قیمت و کیفیت بررسی و تأثیرهای آن بر تصمیم‌های زنجیرهٔ تأمین شناسایی شده است (چاکرابورتی، چائوهان و اوهیمو[7]، ۲۰۱۹).

به‌تازگی، تلاش‌های فروش، مانند وارانتی یا تبلیغات، در چندین اثر مطالعه شده است. برای مثال، لی، سان، ژانگ،

1. Fang & Shou
2. Li, Rao, Goh & Yang
3. Choi, Taleizadeh & Yue
4. Game theory
5. Myerson
6. Santos & Guarnieri
7. Chakraborty, Chauhan & Ouhimmou

لی و اویانگ[1] (۲۰۲۰) تصمیم‌های سرمایه‌گذاری و تبلیغاتی را برای‌یک زنجیرهٔ تأمین حلقه بسته ارائه داده‌اند. این نویسندگان دو عامل تبلیغاتی و یک مرکز تولیدی را بر اساس رویکرد تئوری بازی دو مرحله‌ای مطالعه کردند. خورشیدوند، سلیمانی، سیبداری و اصفهانی[2] (۲۰۲۱) روش جدید دو مرحله‌ای را برای بهینه‌سازی زنجیره‌های تأمین حلقه بسته پایدار ارائه داده‌اند. در مرحله‌ای از معادله سود، از ابزارهای هماهنگی شامل قیمت‌گذاری، سبز شدن و تبلیغات استفاده شده است.

محقر، جولای و حیدری (۱۳۹۹) زنجیرهٔ تأمین چهارسطحی با سه کانال فروش، از جمله فروش متأثر از تبلیغات تلویزیونی را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که با فرض ثابت‌ماندن توان تولید، تأثیر افزایش قیمت فروش نهایی محصول بر سود اعضا و کل زنجیرهٔ تأمین، از تأثیر زیادکردن توان تولید بیشتر است. همچنین سود زنجیره در سناریو متمرکز، بسیار بیشتر از سود در سناریو غیرمتمرکز نشان داده شده است.

وارانتی مانند تعهدی عمل می‌کند که سازنده به مشتریان با برخی محصولات فروخته شده بدهکار است. وارانتی نقش دوگانه‌ای در افزایش سود شرکت دارد. از یک طرف، وارانتی به‌عنوان یک سیگنال تضمینی از کیفیت محصول است که به افزایش فروش محصول کمک می‌کند. از سوی دیگر، ادعاهای وارانتی سود شرکت را کاهش می‌دهد؛ زیرا سازنده باید هزینهٔ تعمیر ـ تعویض محصول را متقبل شود (وو[3]، ۲۰۱۴؛ وو، کولن و لیو[4]، ۲۰۱۷؛ وانگ، لی و شی[5]، ۲۰۲۰).

انواع مختلفی از وارانتی در زنجیرهٔ تأمین ارائه می‌شود، به‌طور مثال، ضمانت هزینهٔ نوسازی که یک مدل شامل قیمت و طول وارانتی را به‌عنوان متغیرهای بازاریابی، تحت یک سیاست ضمانت هزینه نوسازی توسعه داده است (وو، چائو و هوانگ[6]، ۲۰۰۹).

لو و شانگ[7] (۲۰۱۹) سازوکار وارانتی جدیدی را برای محصولات فناوری آنلاین توسعه داده‌اند تا افشای اطلاعات کیفیت محصول را بین خرده‌فروشان الکترونیک و ارائه‌دهندگان وارانتی آنلاین تشویق کنند. یزدیان، شاهنگی و ماکوی[8] (۲۰۱۶) مدلی را برای بهینه‌سازی قیمت و طول وارانتی با استفاده از توابع تقاضای خطی و غیرخطی معرفی کردند. لیو، شن، شو و ژائو[9] (۲۰۲۰) استراتژی سود و قیمت‌گذاری را برای وارانتی تمدید تکمیلی بررسی کردند.

کیفیت محصول و وارانتی با یکدیگر ارتباط دارند، به همین خاطر، تأثیر طول وارانتی و کیفیت محصول روی یکدیگر و همچنین، عملکرد زنجیرهٔ تأمین بررسی شده است (دای[10]، ۲۰۱۲). مدل تعادل شبکهٔ زنجیرهٔ تأمین چندلایه‌ای، شامل تأمین‌کنندگان رقابتی و کارخانه‌های رقابتی که قطعات را برای مونتاژ محصول نهایی خود خریداری

1. Li, Sun, Zhang, Li & Ouyang
2. Khorshidvand, Soleimani, Sibdari & Esfahani
3. Wu
4. Wu, Coolen & Liu
5. Wang, Li & Xie
6. Wu, Chou & Huang
7. Lu & Shang
8. Yazdian, Shahanaghi & Makui
9. Liu, Shen, Xu & Zhao
10. Dai

می‌کنند، در پژوهشی دیگر توسعه داده شده است. در این مدل، چنانچه ظرفیت اجازه دهد و سود افزایش یابد، خودشان قطعات را تولید می‌کنند. رفتار رقابتی هر کدام از تصمیم‌گیرندگان با توجه به متغیرهای استراتژیکی توصیف شده است که کیفیت قطعات و فرایند مونتاژ را شامل می‌شود. همچنین شرایط تعادل برای شبکه زنجیرهٔ تأمین بر اساس نامعادلات و ویژگی‌های کیفی ارائه شده است (لی و ناگورنی[1]، ۲۰۱۵).

الگوریتم قهرمانی در لیگ‌های ورزشی

الگوریتم قهرمانی در لیگ‌های ورزشی، الگوریتم جمعیت محوری است که با الهام از مسابقات ورزشی، برای جست‌وجوی سراسری در فضای پیوسته، اولین بار توسط حسین‌زاده‌کاشان در سال ۲۰۰۹ ارائه شده است (حسین‌زاده کاشان، ۲۰۰۹). در الگوریتم قهرمانی در لیگ‌های ورزشی، راه‌حل‌های متفاوتی که می‌توان به یک مسئله داد، بر اساس میزان برازندگی‌شان، مقایسه و هر یک بهبود داده شده و در نهایت راه‌حلی نزدیک به جواب بهینه انتخاب می‌شود. تعدادی تیم (جواب‌های در حال بررسی) در قالب یک لیگ (جمعیت جواب‌های شدنی)، طی چند هفته (تعداد مراحل ارزیابی در یک تکرار از الگوریتم) به رقابت با یکدیگر پرداخته و دوبه‌دو با یکدیگر مسابقه می‌دهند. بر اساس قدرت بازی (میزان برازندگی یا مقدار تابع هدف بردار حل) حاصل از آرایش تیمی (کد آن جواب شدنی برای مسئله) تیم‌های برنده و بازنده مشخص می‌شوند (مساوی مجاز نمی‌باشد). در هر یک هفته هر تیم توسط مربی همان تیم با فرایند تحلیل مصنوعی بازی‌های هفتهٔ قبل و با بهترین آرایش تیمی حاصل تا آن زمان، به آرایش تیمی‌جدیدی می‌رسد (ایجاد جواب‌های شدنی جدید). پس رقابت برای قهرمانی به مدت چند فصل (تعداد تکرارهای الگوریتم) ادامه پیدا می‌کند. تعداد فصل‌ها (S) و تعداد تیم‌ها (L) پارامترهای قابل تنظیم هستند که تغییر آن‌ها در پاسخ نهایی الگوریتم تأثیر مستقیم دارد. مفروضاتی که در الگوریتم قهرمانی در لیگ‌های ورزشی مبنا قرار می‌گیرد، عبارت‌اند از:

فرض ۱: تیم قوی‌تر احتمال برد بیشتری نسبت به تیم ضعیف‌تر دارد؛ اما تیم ضعیف‌تر، همچنان از شانس بردن تیم قوی‌تر برخوردار است.

فرض۲ : احتمال برد یک تیم یا باخت تیم مقابل از دیدگاه هر دو تیم یکسان است.

فرض ۳: نتیجهٔ هر یک از بازی‌ها، برد یا باخت بوده و امکان تساوی وجود ندارد.

فرض ۴: تمرکز تیم‌ها بر بازی هفتهٔ آیندهٔ خود است و تمامی تغییرات در آرایش تیمی بر مبنای وقایع رخ‌داده در هفتهٔ قبل است. آرایش انتخاب‌شده بر مبنای بهترین آرایش تیمی یافت شده تا آن لحظه صورت می‌پذیرد. در ادامه، توضیحات مربوط به الگوریتم قهرمانی لیگ ورزشی در ۳ مرحله تکمیل می‌شود: ابتدا به‌شیوهٔ ایجاد برنامهٔ بازی‌های لیگ پرداخته می‌شود. سپس قاعدهٔ تعیین تیم برنده در یک بازی ذکر می‌شود و در نهایت، نحوهٔ تغییر آرایش تیمی با استفاده از تحلیل SWOT (قوت، ضعف، فرصت و تهدید) بیان می‌شود.

ایجاد برنامهٔ بازی‌های لیگ

برای ایجاد برنامه‌ای زمانی برای مسابقات لیگ، ابتدا فرض می‌شود که هر یک از دو تیم در طول فصل، فقط یک بازی

1. Li & Nagurney

با هم انجام می‌دهند. در پایان فصل هر یک از L تیم، L−۱ مسابقه انجام خواهد داد؛ یعنی در مجموع $\frac{L(L-1)}{۲}$ بازی در طول هر فصل انجام می‌شود.

تعیین تیم برنده در هر بازی

برندهٔ یک بازی بر اساس مقایسهٔ عدد تصادفی تولیدشده با مقدار تابعی به‌دست می‌آید که با میزان قدرت آن تیم رابطهٔ مستقیم دارد. به عبارتی شانس برد تیم قوی‌تر، بیشتر است؛ ولی در عین حال، شانس برنده‌شدن در بازی با یک تیم قوی‌تر، همچنان باقی است (فرض ۱). آرایش تیمی و میزان قدرت تیم i در هفتهٔ t به‌ترتیب با X_i^t و $f(X_i^t)$ نشان داده می‌شوند. فرض کنید، تیم‌های i و j در هفتهٔ t با یکدیگر مسابقه می‌دهند. در این صورت، احتمال برنده‌شدن تیم i در هفتهٔ t که با P_i^t نشان داده می‌شود، از رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید (به شکلی مشابه P_j^t قابل تعریف است). بدیهی است که $P_i^t + P_j^t = 1$. عدد حاصل از آن تابع، مرزی را در بازهٔ [۰,۱] ایجاد می‌کند. اکنون عددی تصادفی ایجاد می‌شود؛ در صورتی که کوچک‌تر از P_i^t (مرز تعیین شده) باشد، تیم مدنظر برندهٔ آن مسابقه اعلام می‌شود و در غیر این صورت بازنده است. f^t بهترین مقدار تابع هدف تا آن لحظه است (یک کران پایین برای تابع هدف مسئله) و مقدار P_i^t از رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید:

$$P_i^t = \frac{f(X_j^t) - f^t}{f(X_j^t) + f(X_i^t) - 2f^t}$$ رابطهٔ ۱)

تغییر در آرایش تیمی

چهار استراتژی مختلف برای مقابله با تیم حریف، در هر هفته، برای هریک از تیم‌ها قابل اخذ کردن است، هر استراتژی، از ترکیب دوتایی از چهار نقطه نظر SWOT به وجود می‌آیند. این ترکیب‌ها عبارت‌اند از S/T، S/O، W/T و W/O که هر یک معادله‌های مخصوص به خودشان را دارند (رابطه‌های ۲ تا ۵). در این معادلات i، l، j و k به‌ترتیب عبارت‌اند از اندیس‌های تیم خودی، تیم حریف در هفتهٔ جاری (t + ۱)، تیم حریف در هفتهٔ گذشته (t) و تیمی که در هفتهٔ گذشته با حریف کنونی مسابقه داده است ($i = 1, \dots, L$). آرایش تیم i در هفتهٔ t با $X_i^t = (X_{i1}^t, X_{i2}^t, \dots, X_{in}^t)$ و بهترین آرایش تیمی به‌دست‌آمده تا هفتهٔ t (حاکی از بهترین مقدار به دست آمدهٔ تابع هدف) با $B_i^t = (b_{i1}^t, b_{i2}^t, \dots, b_{in}^t)$ نشان داده می‌شوند. در زیر برای نشان دادن یک مؤلفه از هر بردار بالا از نماد d استفاده شده‌است ($d = 1, \dots, n$).

اگر هر یک از دو تیم i و j در هفتهٔ t برندهٔ بازی‌های خود با تیم‌های j و k باشند، آرایش تیمی i در هفتهٔ t + ۱ با استراتژی S/T طراحی میود و به‌صورت زیر است:

$$x_{id}^{t+1} = b_{id}^t + y_{id}^t \left(c_1 r_1 (x_{id}^t - x_{kd}^t) + c_1 r_2 (x_{id}^t - x_{jd}^t)\right) \quad \forall d = 1, \dots, n$$ رابطهٔ ۲)

اگر در هفتهٔ t تیم i از تیم j برده باشد و تیم l به k باخته باشد، آرایش تیمی i در هفتهٔ t + ۱ با استراتژی S/O طراحی می‌شود و به‌صورت زیر است:

$$x_{id}^{t+1} = b_{id}^{t} + y_{id}^{t}\left(c_2 r_1\left(x_{kd}^{t} - x_{id}^{t}\right) + c_1 r_2\left(x_{id}^{t} - x_{jd}^{t}\right)\right) \quad \forall d = 1, \ldots, n$$ رابطهٔ ۳)

اگر در هفتهٔ t تیم i به تیم j باخته باشد و تیم l بر k غلبه کرده باشد، آرایش تیمی i در هفتهٔ t + ۱ با استراتژی W/T طراحی می‌شود و به‌صورت زیر است:

$$x_{id}^{t+1} = b_{id}^{t} + y_{id}^{t}\left(c_1 r_2\left(x_{id}^{t} - x_{kd}^{t}\right) + c_2 r_2\left(x_{jd}^{t} - x_{id}^{t}\right)\right) \quad \forall d = 1, \ldots, n$$ رابطهٔ ۴)

اگر هر دو تیم i و j در هفتهٔ t بازندهٔ بازی‌های خود با تیم‌های j و k باشند، آرایش تیمی i در هفتهٔ t + ۱ با استراتژی W/O طراحی می‌شود و به‌صورت زیر است:

$$x_{id}^{t+1} = b_{id}^{t} + y_{id}^{t}\left(c_2 r_2\left(x_{kd}^{t} - x_{id}^{t}\right) + c_2 r_2\left(x_{jd}^{t} - x_{id}^{t}\right)\right) \quad \forall d = 1, \ldots, n$$ رابطهٔ ۵)

در معادلات بالا، c_1 و c_2 ضرایب ثابت دورکننده و نزدیک کننده، r_1 و r_2 اعداد تصادفی یکنواخت در بازهٔ [۰,۱] و y_{id}^{t} مؤلفهٔ بردار باینری تصادفی است که مشخص می‌سازد dامین عنصر از بردار x_{id}^{t+1} تغییر می‌کند یا خیر. برای همهٔ تیم‌ها، به همین شکل معادله تعریف می‌شود. تعداد یک‌های این بردار باینری از یک توزیع تصادفی هندسی با پارامتر pc تبعیت می‌کند.

بیان مسئله

در این مطالعه یک زنجیرهٔ تأمین دو سطحی شامل یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش که روی قیمت محصول با هم رقابت می‌کنند مورد بررسی قرار می‌گیرد. تولیدکننده با تعیین قیمت عمده فروشی متفاوت برای هر یک از خرده‌فروشان و طول دورهٔ وارانتی مشترک قصد دارد سود خود را حداکثر کند و خرده‌فروشان با تنظیم قیمت فروش به مصرف‌کنندگان سود فروش خود را حداکثر می‌نمایند. این مسئله تحت مدل‌های مربوط به استراتژی‌های همکاری کلی، همکاری در کانال و غیرهمکاری (استکلبرگ تولیدکننده رهبر و استکلبرگ خرده‌فروشان رهبر) تشریح و تابع سود هر یک فرموله و اجزای تشکیل دهنده آن ارائه می‌شود.

متغیرهای تصمیم

p_i: قیمت فروش خرده‌فروش i ام

w: طول دوره وارانتی تولیدکننده

θ: سطح کیفیت

v_i: قیمت عمده فروشی تولیدکننده به خرده‌فروش i ام

w_i: طول دوره وارانتی تولیدکننده درکانال i ام در بازی همکاری در کانال

θ_i: پارامتر کیفیت در کانال i ام در بازی همکاری در کانال

توابع سود اعضای زنجیرهٔ تأمین

$\Pi^{m}(w, \theta, v_1, v_2)$: تابع سود تولیدکننده

$\Pi_i^{r}(p_i)$: تابع سود خرده‌فروش i ام

Π_{ci} : تابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش i ام در کانال iام در بازی همکاری در کانال

Π_c :تابع سود کلی کانال در بازی همکاری

پارامترها

K_0: کشش بازار

K_1: ضریب حساسیت تقاضای محصول به قیمت خرده‌فروش اول

K_2: ضریب حساسیت تقاضای محصول به قیمت خرده‌فروش دوم

K_3: ضریب حساسیت تقاضای محصول به کیفیت محصول

K_4: ضریب حساسیت تقاضای محصول به تبلیغات عمومی

K_5: ضریب حساسیت تقاضای محصول به تبلیغات محلی

w_{max}: حداکثر طول دوره وارانتی

θ_{min}: حداقل کیفیت

α: ضریب حساسیت تقاضای محصول به طول دوره وارانتی

ε: ضریب حساسیت تأثیر تعداد کالا معیوب در تابع هدف

c_0: هزینه سرویس وارانتی برای تولیدکننده

β_1: کشش پایه برای خرید مواد اولیه

β_2: ضریب حساسیت هزینهٔ مواد خام به اختلاف کیفیت محصول و کیفیت پایه

D_i: تابع تقاضا کلی با توجه به خرده‌فروش i ام

C_r: هزینه مواد خام برای هر واحد به ازای کیفیت‌های متفاوت $C_r = \beta_1 + \beta_2 (\theta - \theta_{min})$

a_n: هزینه تبلیغات عمومی

a_{li}: هزینه تبلیغات محلی برای خرده‌فروش iام

C: هزینه تکنولوژی

مفروضات

- فرض کنیم $\frac{w}{w_{max}}$ درصد محصولات معیوب در طول دوره وارانتی w است.
- تابع تبلیغات در مقاله‌های مختلف به شکل‌های متفاوتی در نظر گرفته شده است در جدول زیر مقایسه‌ای از توابع در نظر گرفته شده برای تبلیغات و قیمت آمده است.

جدول۱. مقایسه توابع در نظر گرفته شده در مقاله‌های مختلف

تابع تقاضا	اسمرکوفسکی و ژانگ[1] (۲۰۰۹)	شی و نیرت[2] (۲۰۰۹)	شی و وی[3] (۲۰۰۹)	مدل ارائه شده
اثر قیمت	p^{-e} (e>1)	α_1-$\beta_1 p(\alpha_1,\beta_1>0)$	α_1-$\beta_1 p(\alpha_1,\beta_1>0)$	$(\alpha_1-\beta_1 p)$ $(\alpha_1,\beta_1>0)$
اثر تبلیغات	α_2-$\beta_2 a^{-\gamma}A^{\delta}$ $(\alpha_2,\beta_2,\gamma,\delta>0)$	α_2-$\beta_2 a^{-\gamma}A^{\delta}$ $(\alpha_2,\beta_2,\gamma,\delta>0)$	$(k_1\sqrt{\mathrm{a}}+k_2\sqrt{\mathrm{A}})$ $(k_1,k_2>0)$	$(k_1\sqrt{\mathrm{a}}+k_2\sqrt{\mathrm{A}})$ $(k_1,k_2>0)$
استراتژی بازی	-	N	-	CC
	SM	SM	SM	SM
	-	SR	-	SR
	-	CO	CO	CO

با توجه به مدل‌های مختلف تابع تبلیغات، در این پژوهش تابع تبلیغات در نظر گرفته شده برای تقاضای محصول به شکل $Ad=\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\sqrt{a_l}\right)$ است. از آنجا که در مدل ما حالت رقابتی بودن آن در نظر گرفته شده است این تابع به شکل زیر به‌دست می‌آید:

رابطهٔ ۶)
$$Ad=\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\sum_{i=1}^{2}\sqrt{a_{li}}\right)$$

که a_l و a_n به‌ترتیب هزینهٔ تبلیغات محلی و هزینهٔ تبلیغات عمومی در نظر گرفته شده است. به‌دلیل اینکه تبلیغات هر یک از خرده‌فروشان روی تقاضای محصول خرده‌فروش دیگر اثر مثبت دارد، تابع تبلیغات رقابتی مؤثر در تابع تقاضا به‌صورت مجموع تبلیغات محلی خرده‌فروشان در نظر گرفته شده است.

- در این پژوهش تبلیغات محلی و عمومی به‌صورت متغیرهای بیرونی در نظر گرفته شده است.
- هزینهٔ تبلیغات عمومی و محلی به‌ترتیب بر عهدهٔ تولیدکننده و خرده‌فروشان است.
- هزینهٔ مربوط به محصولات معیوب و سرویس وارانتی را تولیدکننده برعهده دارد.

مدل‌سازی

فرض کنیم تولیدکننده قیمت عمده‌فروشی متفاوتی را برای یک محصول با کیفیت و طول وارانتی یکسان برای هر یک از خرده‌فروشان تعیین می‌کند و خرده‌فروشان قیمت خرده‌فروشی را با توجه به تأثیر تبلیغات روی تابع تقاضاشان مشخص می‌کنند. تابع تقاضای کل برای هر یک از خرده‌فروشان به‌صورت رابطهٔ ۷ محاسبه می‌شود:

رابطهٔ ۷)
$$D_i\left(p_i,\mathrm{w},\theta\right)=\left(1+\frac{\alpha w}{w_{max}}\right)\left(\left(K_0-K_1\left(p_i-p_m\right)+K_2\left(p_j-p_m\right)+K_3\left(\theta-\theta_{min}\right)\right)\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\sum_{i=1}^{2}\sqrt{a_{li}}\right)\right)\ (\alpha<1)$$

$\mathrm{i}=1,2$

1. Szmerekov and Zhang
2. Xie and Neyret
3. Xie & Wei

سود کلی تولیدکننده نیز به‌صورت رابطهٔ ۸ است. در رابطهٔ زیر، به‌ترتیب از سمت چپ، عبارت اول نشان‌دهندهٔ درآمد تولیدکننده از فروش محصولات، عبارت دوم هزینهٔ مواد خام و عبارت سوم هزینهٔ سرویس وارانتی و دو عبارت آخر، به‌ترتیب هزینهٔ تکنولوژی و هزینهٔ تبلیغات عمومی است.

$$\Pi^m (w, \theta , v_i) = \sum_{i=1}^{2}(v_i D_i (p_i , w, \theta) - [\beta_1 + \beta_2 (\theta - \theta_{min})] D_i (p_i , w, \theta) - \varepsilon \frac{w}{w_{max}} D_i (p_i , w, \theta)c_0 - C - a_n) \quad i=1,2$$

رابطهٔ ۸)
$$\Pi^m (w, \theta , v_i) = \sum_{i=1}^{2} ((v_i - [\beta_1 + \beta_2 (\theta - \theta_{min})] - \varepsilon \frac{w}{w_{max}} c_0) D_i (p_i, w, \theta) - C - a_n) \quad i=1,2$$

تابع سود خرده‌فروش i ام نیز به‌شکل رابطهٔ ۹ است. در رابطهٔ ۹، به‌ترتیب از سمت چپ، عبارت اول نشان‌دهندهٔ درآمد خرده‌فروش از فروش محصولات، عبارت دوم هزینهٔ خرید محصولات از عمده‌فروش و در آخر هزینهٔ تبلیغات محلی توسط خرده‌فروش است.

رابطهٔ ۹)
$$\Pi_i^r(p_i) = (p_i - v_i)D_i (p_i , w, \theta) - a_{li} = (p_i - v_i) (1 + \frac{\alpha w}{w_{max}}) (K_0 - K_1(p_i - p_m) + K_2 (p_j - p_m) + K_3 (\theta - \theta_{min}))(k_4\sqrt{a_n} + k_5(\sqrt{a_{l1}} + \sqrt{a_{l2}})) - a_{li}$$

تصمیم‌گیری غیرهمکاری

در تصمیم‌گیری غیرهمکاری هر یک از اعضای زنجیرهٔ تأمین شامل تولیدکننده و خرده‌فروشان به‌دنبال ماکزیمم‌کردن سود خود هستند.

در تصمیم‌گیری غیرهمکاری به روش استکلبرگ (رهبر ـ پیرو) فرض بر این است که تعامل بین تولیدکننده و خرده‌فروشان به‌صورت بازی استکلبرگ در نظر گرفته شده است و تولیدکننده و خرده‌فروشان قدرت یکسانی ندارند. در این قسمت دو حالت مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد: ۱. تولیدکننده به‌عنوان رهبر و خرده‌فروشان پیرو باشند؛ ۲. خرده‌فروشان به‌عنوان رهبر و تولیدکننده پیرو باشند.

تصمیم‌گیری غیرهمکاری به روش استکلبرگ (تولیدکننده رهبر و خرده‌فروشان پیرو)

در این حالت تولیدکننده قدرت بیشتری دارد و نقش رهبر استکلبرگ و خرده‌فروشان نقش پیرو را بازی می‌کنند.

رابطهٔ ۱۰)
$$\text{Maximize } \Pi^m (w, \theta , v_1 , v_2 , p_1^*, p_2^*)$$
$$\text{Subject to } p_1^* = \{ p_1 \mid p_1 = \text{Max } \Pi_1^r(p_1)\}$$
$$p_2^* = \{ p_2 \mid p_2 = \text{Max } \Pi_2^r(p_2)\}$$

برای به‌دست آوردن استراتژی بهینه، از روند استقرای معکوس به شرح زیر استفاده می‌کنیم:

ابتدا خرده‌فروش برای مقادیر θw، v_2 و v_1 داده شده، تابع سود خود را ماکزیمم می‌کند.

شرط اینکه نقاط p_1^* و p_2^* نقطهٔ ماکزیمم تابع $\Pi_1^r (p_1^*)$ و $\Pi_2^r(p_2^*)$ باشد، این است که اطراف این نقطه پیوسته و

مشتق‌پذیر باشد و همچنین $\nabla\Pi_1^r(p_1^*)=0$ و $\nabla\Pi_2^r(p_2^*)=0$ باشد. برای به‌دست‌آوردن مقادیر بهینهٔ p_i، از تابع سود خرده‌فروش iام نسبت به متغیر p_i مشتق می‌گیریم و آن را مساوی صفر قرار می‌دهیم و سپس مقدار p_i را به‌دست می‌آوریم:

رابطهٔ ۱۱)
$$\frac{d\Pi_i^r(p_i)}{dp_i}=0$$

برای قیمت خرده‌فروش اول به‌دست می‌آید:

$$\frac{d\Pi_1^r(p_1)}{dp_1}=\left(1+\frac{\alpha w}{w_{max}}\right)\left(K_0-K_1(p_1-p_m)+K_2(p_2-p_m)+K_3(\theta-\theta_{min})\right)\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\sum_{i=1}^{2}\sqrt{a_{li}}\right)-K_1\left(\left(1+\frac{\alpha w}{w_{max}}\right)\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\sum_{i=1}^{2}\sqrt{a_{li}}\right)(p_1-v_1)\right)=0$$

رابطهٔ ۱۲)
$$p_1=\frac{(K_0+K_2p_2+(K_1-K_2)p_m+K_3(\theta-\theta_{min})+K_1v_1)}{2K_1}$$

به همین صورت برای p_2 داریم:

$$\frac{d\Pi_2^r(p_2)}{dp_2}=\left(1+\frac{\alpha w}{w_{max}}\right)\left(K_0-K_1(p_2-p_m)+K_2(p_1-p_m)+K_3(\theta-\theta_{min})\right)\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\sum_{i=1}^{2}\sqrt{a_{li}}\right)-K_1\left(\left(1+\frac{\alpha w}{w_{max}}\right)\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\sum_{i=1}^{2}\sqrt{a_{li}}\right)(p_2-v_2)\right)=0$$

رابطهٔ ۱۳)
$$p_2=\frac{(K_0+K_2p_1+(K_1-K_2)p_m+K_3(\theta-\theta_{min})+K_1v_2)}{2K_1}$$

با حل رابطه‌های ۱۲ و ۱۳ مقادیر بهینه برای قیمت خرده‌فروشان به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

رابطهٔ ۱۴)
$$p_1^*=-\frac{(K_2+2K_1)(K_3(\theta-\theta_{min})+K_0+p_m(K_1-K_2))+K_1(2K_1v_1+K_2v_2)}{K_2^2-4K_1^2}=-\frac{(K_3(\theta-\theta_{min})+K_0+p_m(K_1-K_2))}{(K_2-2K_1)}-\frac{K_1(2K_1v_1+K_2v_2)}{K_2^2-4K_1^2}$$

رابطهٔ ۱۵)
$$p_2^*=-\frac{(K_2+2K_1)(K_3(\theta-\theta_{min})+K_0+p_m(K_1-K_2))+K_1(2K_1v_2+K_2v_1)}{K_2^2-4K_1^2}=-\frac{(K_3(\theta-\theta_{min})+K_0+p_m(K_1-K_2))}{(K_2-2K_1)}-\frac{K_1(2K_1v_2+K_2v_1)}{K_2^2-4K_1^2}$$

در پاسخ تصمیم‌های خرده‌فروشان، تولیدکننده باید تابع سود خود را تحت شرایط زیر حداکثر کند. پس مسئله بهینه‌سازی تولیدکننده با محدودیت‌های زیر تعریف می‌شود:

رابطهٔ ۱۶)

$$\text{Maximize}\Pi^{m}\ (w, \theta, v_1, v_2 : p_1^*, p_2^*)$$

Subject to

$$p_1^* = -\frac{(K_2+2K_1)(K_3(\theta-\theta_{min})+K_0+p_m(K_1-K_2))+K_1(2K_1v_1+K_2v_2)}{K_2^2-4K_1^2}$$

$$p_2^* = -\frac{(K_2+2K_1)(K_3(\theta-\theta_{min})+K_0+p_m(K_1-K_2))+K_1(2K_1v_2+K_2v_1)}{K_2^2-4K_1^2}$$

$$\Theta_{min} \le \theta \le 1$$

$$0 \le w \le w_{max}$$

$$0 \le v_1 \le p_m$$

$$0 \le v_2 \le p_m$$

$$V_1 \le p_1^*$$

$$V_2 \le p_2^*$$

تصمیم‌گیری غیرهمکاری به روش استکلبرگ (خرده‌فروشان رهبر و تولیدکنندهٔ پیرو)

در این حالت خرده‌فروشان قدرت بیشتری دارند و نقش رهبر استکلبرگ و تولیدکننده نقش پیرو را بازی می‌کنند. از آنجا که خرده‌فروشان با یکدیگر همکاری دارند، تابع سودشان به شکل زیر محاسبه می‌شود:

رابطهٔ ۱۷)

$$\Pi_1^r(p_1) + \Pi_2^r(p_2) = (p_1 - v_1)D_1(p_1, w, \theta) - a_{l1} + (p_2 - v_2)D_2(p_2, w, \theta) - a_{l2} = (p_1-v_1)\left(1 + \frac{\alpha w}{w_{max}}\right)\left(K_0 - K_1(p_1 - p_m) + K_2(p_2 - p_m) + K_3(\theta - \theta_{min})\right)(k_4\sqrt{a_n} + k_5(\sqrt{a_{l1}} + \sqrt{a_{l2}})) - a_{l1} + (p_2 - v_2)\left(1 + \frac{\alpha w}{w_{max}}\right)(K_0 - K_1(p_2 - p_m) + K_2(p_1 - p_m) + K_3(\theta - \theta_{min}))(k_4\sqrt{a_n} + k_5(\sqrt{a_{l1}} + \sqrt{a_{l2}})) - a_{l2}$$

برای به‌دست آوردن استراتژی بهینه، از روند استقرای معکوس استفاده می کنیم. ابتدا تولیدکننده برای مقادیر θ، $v_1 w$ و v_2 داده شده، تابع سود خود را ماکزیمم می‌کند. برای به‌دست‌آوردن مقادیر بهینه θ، $v_1 w$ و v_2 از تابع سود تولیدکننده نسبت به هر کدام از متغیرها مشتق می‌گیریم و آن را مساوی صفر قرار می‌دهیم و سپس مقادیر بهینه را (رابطهٔ ۱۸ و ۱۹) به‌دست می‌آوریم:

رابطهٔ ۱۸)

$$W=(-(((\varepsilon c_0(M + \alpha((\beta_1 + \beta_2)M - v_2(K_0 + K_1(p_2 - p_m) - K_2(p_1 - p_m) - K_3(\theta - \theta_{min})) - v_1(K_0 + K_2(p_2 - p_m) - K_1(p_1 - p_m) - K_3(\theta - \theta_{min}))w_{max})/2\alpha\varepsilon c_0 M$$

رابطهٔ ۱۹)

$$\theta = \frac{-2\varepsilon c_0 K_3 w + (\beta_2(-2K_0+(K_1-K_2)(p_2+p_1-2p_m)+4K_3\theta_{min})+K_3(-2\beta_1+v_2+v_1))w_{max}}{4\beta_2 K_3 w_{max}}$$

که داریم:

$$M= 2K_0 + (K_2 - K_1)(p_2 + p_1 - 2p_m) + 2K_3(\theta - \theta_{min})$$ رابطهٔ ۲۰)

با توجه به روابط بالا و تابع سود خرده‌فروشان، به‌دنبال حل بهینه‌سازی زیر هستیم:

رابطهٔ ۲۱)

$$\text{Maximize } \Pi_1^r(p_1) + \Pi_2^r(p_2)$$
$$\text{Subject to } v_1^* = \{ v_1 \mid v_1 = \text{Max } \Pi^m (w, \theta, v_1, v_2)\}$$
$$v_2^* = \{ v_2 \mid v_2 = \text{Max } \Pi^m (w, \theta, v_1, v_2)\}$$
$$w^* = \{w \mid w = \text{Max } \Pi^m (w, \theta, v_1, v_2)\}$$
$$\theta^* = \{\theta \mid \theta = \text{Max } \Pi^m (w, \theta v_1, v_2)\}$$
$$\theta_{min} \le \theta \le 1$$
$$0 \le w \le w_{max}$$
$$0 \le v_1 \le p_m$$
$$0 \le v_2 \le p_m$$
$$v_1 \le p_1^*$$
$$v_2 \le p_2^*$$

همکاری از طریق کانال

هر خرده‌فروش، خود با تولیدکننده همکاری دارد تا یک سیستم همکاری از طریق کانال شکل بگیرد . هر کانال با کانـال دیگر در تعیین قیمت عمده‌فروشی و قیمت خرده‌فروشی رقابت می‌کند و هر کانال به‌دنبال ماکزیمم‌کردن سود خود است. تابع سود برای هر کانال به این صورت نوشته می‌شود:

رابطهٔ ۲۲)

$$\text{Maximize } \Pi_{c1} = \Pi_1^r + \Pi^m = (p_1 - v_1) D_1(p_1, w_1, \theta_1) - a_{l1} + \sum_{i=1}^{2} \left(\left(v_i - [\beta_1 + \beta_2 (\theta_1 - \theta_{min})] - \varepsilon \frac{w_1}{w_{max}} c_0 \right) D_i (p_i, w_i, \theta_i) - C - a_n \right)$$

رابطهٔ ۲۳)

$$\text{Maximize } \Pi_{c2} = \Pi_2^r + \Pi^m = (p_2 - v_2) D_2 (p_2, w_2, \theta_2) - a_{l2} + \sum_{i=1}^{2} \left(\left(v_i - [\beta_1 + \beta_2 (\theta_2 - \theta_{min})] - \varepsilon \frac{w_2}{w_{max}} c_0 \right) D_i (p_i, w_I, \theta_i) - C - a_n \right)$$

چون تابع هدف کانال‌های اول و دوم مقعر است، برای به‌دست‌آوردن مقادیر بهینه هر یک از کانال‌ها، از تابع سود هر کانال نسبت به متغیرهایش مشتق می‌گیریم و مساوی صفر قرار می‌دهیم. بدین منظور معادلات برای کانال اول مطابق رابطه‌های ۲۴، ۲۵ و ۲۶ به‌دست می‌آید:

رابطهٔ ۲۴)

$$p_1 = \frac{c_0(K_1 - K_2)w + (K_0 + \beta_1(K_1 - K_2) + K_2(p_2 - p_m) + K_1 p_m - (\theta_1 - \theta_{min})(\beta_2(K_1 - K_2) + K_3) + K_2 v_2) w_{max}}{2K_1 w_{max}}$$

رابطهٔ ۲۵)

$$\theta_1 = \frac{-2\varepsilon\, w_1\, c_0 K_3 + (\beta_2(-2K_0 + (K_1 - K_2)(p_2 + p_1 - 2p_m) + 4K_3\theta_{min}) + K_3(-2\beta_1 + p_1 + v_2)) w_{max}}{4\beta_2 K_3 w_{max}}$$

رابطهٔ ۲۶)

$$w_1 = ((c_0 \varepsilon (-2K_0 + (K_1 - K_2)(p_2 + p_1 - 2p_m) - 2K_3(\theta_1 - \theta_{min})) + \alpha (K_2 p_1(p_2 - p_m) + K_1 p_1(p_1 - p_m) + K_3 p_1(\theta_1 - \theta_{min}) + \beta_2 \theta_1 (p_1 + p_2)(K_1 - K_2) - 2\beta_2 p_m (K_1 - K_2)(\theta_1 - \theta_{min}) - 2\beta_2 K_3 (\theta_1^2 + \theta_{min}^2) - \beta_2 \theta_{min}(p_1 + p_2)(K_1 - K_2) + \beta_1(-2K_0 + (K_1 - K_2)(p_2 + p_1 - 2p_m) - 2K_3(\theta_1 - \theta_{min})) +$$

$K_2 v_2(p_2 - p_m) - K_1 v_2(p_1 - p_m) + K_3 v_2(\theta_1 - \theta_{min}) + K_0(p_1 - 2\beta_2(\theta_1 - \theta_{min}) + v_2))w_{max}/(2\alpha\, c_0\varepsilon(2K_0 - (K_1 - K_2)(p_2 + p_1 - 2p_m) - 2K_3(\theta_1 - \theta_{min}))$

به همین صورت معادلات برای کانال دوم نیز مطابق رابطه‌های ۲۷، ۲۸ و ۲۹ به‌دست می‌آید:

رابطهٔ ۲۷)
$$p_2=\frac{c_0(K_1-K_2)w+(K_0+\beta_1(K_1-K_2)+K_2(p_1-p_m)+K_1p_m-(\theta_1-\theta_{min})(\beta_2(K_1-K_2)+K_3)+K_2v_1)w_{max}}{2K_1w_{max}}$$

رابطهٔ ۲۸)
$$\theta_2=\frac{-2\varepsilon\, w_1\, c_0K_3+(\beta_2(-2K_0+(K_1-K_2)(p_2+p_1-2p_m)+4K_3\theta_{min})+K_3(-2\beta_1+p_2+v_1))w_{max}}{4\beta_2K_3w_{max}}$$

رابطهٔ ۲۹)
$$w_2=((c_0\varepsilon(-2K_0+(K_1-K_2)(p_2+p_1-2p_m)-2K_3(\theta_2-\theta_{min}))+\alpha(K_1p_2(p_2-p_m)+K_2p_2(p_1-p_m)+K_3p_2(\theta_2-\theta_{min})+\beta_2\theta_2(p_1+p_2)(K_1-K_2)-2\beta_2p_m(K_1-K_2)(\theta_2-\theta_{min})-2\beta_2K_3(\theta_2^{\,2}+\theta_{min}^{\,2})-\beta_2\theta_{min}(p_1+p_2)(K_1-K_2)+\beta_1(-2K_0+(K_1-K_2)(p_2+p_1-2p_m)-2K_3(\theta_2-\theta_{min}))+K_2v_1(p_2-p_m)-K_1v_1(p_1-p_m)+K_3v_1(\theta_2-\theta_{min})+K_0(p_2-2\beta_2(\theta_2-\theta_{min})+v_1))w_{max}/(2\alpha\, c_0\varepsilon(2K_0-(K_1-K_2)(p_2+p_1-2p_m)-2K_3(\theta_2-\theta_{min}))$$

تصمیم‌گیری همکاری

در تصمیم‌گیری همکاری، یک تصمیم‌گیرندهٔ اصلی همهٔ تصمیم‌گیری‌ها را در جهت بهینه‌سازی سود کل کانال انجام می‌دهد و همهٔ اعضای زنجیرهٔ تأمین، به‌منظور رسیدن به بیشترین سود کل زنجیرهٔ تأمین با یکدیگر همکاری می‌کنند.

تابع سود کلی در کانال همکاری به‌صورت زیر است:

رابطهٔ ۳۰)
$$\Pi_c = \Pi_1^r + \Pi_2^r + \Pi^m = (p_1 - v_1)D_1(p_1, w, \theta) - a_{l1} + (p_2 - v_2)D_2(p_2, w, \theta) - a_{l2} + \sum_{i=1}^{2}((v_i - [\beta_1 + \beta_2(\theta - \theta_{min})] - \varepsilon\frac{w}{w_{max}}c_0)D_i(p_i, w, \theta) - C - a_n) = (p_1 - [\beta_1 + \beta_2(\theta - \theta_{min})] - \varepsilon\frac{w}{w_{max}}c_0)(1 + \frac{\alpha w}{w_{max}})(K_0 - K_1(p_1 - p_m) + K_2(p_2 - p_m) + K_3(\theta - \theta_{min}))\left(k_4\sqrt{a_n} + k_5\left(\sqrt{a_{l1}} + \sqrt{a_{l2}}\right)\right) + (p_2 - [\beta_1 + \beta_2(\theta - \theta_{min})] - \varepsilon\frac{w}{w_{max}}c_0)(1 + \frac{\alpha w}{w_{max}})(K_0 - K_1(p_2 - p_m) + K_2(p_1 - p_m) + K_3(\theta - \theta_{min}))\left(k_4\sqrt{a_n} + k_5\left(\sqrt{a_{l1}} + \sqrt{a_{l2}}\right)\right) - C - a_{l1} - a_{l2} - a_n$$

در نهایت مسئله ماکزیمم‌سازی سود کلی در کانال همکاری به شرح زیر به‌دست می‌آید:

رابطهٔ ۳۱)

$$\text{Maximize } \Pi_c(p_1, p_2, w, \theta)$$

$$\text{Subject to } \theta_{min} \le \theta \le 1$$

$$0 \le w \le w_{max}$$

$$C_0 \le p_1^*$$

$$C_0 \le p_2^*$$

مثال عددی

برای نشان‌دادن کاربردی‌بودن مدل‌های طراحی‌شده، از مثال عددی استفاده شده است که به این منظور از داده‌های مقاله‌های پایه استفاده می‌شود.

جدول ۲. مقادیر پارامترها

پارامتر	a_{12}	a_{11}	a_n	c	α	K_5	K_4	K_3	K_2	K_1	K_0	c_0	ε	w_{max}	β_2	β_1	θ_{min}
مقدار	۲۰۰	۴۰۰	۸۰۰	۵۰۰۰	۰/۴	۱/۲	۰/۵	۵۰۰	۰/۵	۴/۶	۲۰۰	۲۰۰	۰/۲	۱۲	۸۰	۴۰	۰/۵

در این مرحله به یافتن نقطهٔ بهینه، از طریق حداکثرسازی مدل بسنده می‌کنیم و جواب به‌دست‌آمده از طریق ماکزیمم‌سازی در نرم‌افزار متمتیکا را با جواب به‌دست‌آمده از طریق الگوریتم LCA مقایسه می‌کنیم.

جدول ۳. مقایسهٔ نتایج چهار مدل از طریق نرم‌افزار متمتیکا

توابع سود	بازی استکلبرگ تولیدکننده	بازی استکلبرگ خرده‌فروشان	همکاری در کانال	همکاری
Π_1^{r*}	۱۶۵۵۷۶۰/۳۹	–	۱۹۱۴۳۶۲/۷۰	–
Π_2^{r*}	۱۶۵۶۹۲۱/۸۳	–	۱۹۱۴۳۶۲/۷۰	–
Π^{m*}	۷۰۱۵۸۰۵/۹۹	۲۲۳۰۴۷۱/۲۳	۸۰۹۶۶۹۱/۵۴	–
$\Pi_1^r + \Pi_2^{r*}$	–	۷۳۶۶۶۳۹/۷۱		–
$\Pi_{c1}{}^*$	–	–	۱۰۰۱۱۰۵۴/۲	–
$\Pi_{c2}{}^*$	–	–	۱۰۰۱۱۰۵۴/۲	–
$\Pi_c{}^*$	–	–	–	۱۳۲۷۳۶۲۰/۲

جدول٤. مقایسه نتایج چهار مدل از طریق الگوریتم LCA

توابع سود	بازی استکلبرگ تولیدکننده	بازی استکلبرگ خرده‌فروشان	همکاری در کانال	همکاری
Π_1^{r*}	۱۶۵۴۱۱۹۶/۵	–	۵۹۵۷۵/۷۲۴۱۸۵۷	–
Π_2^{r*}	۱۶۵۴۳۱۹/۶۵۶	–	۶۱۶۰۱/۸۹۶۷۱۲۸۴	–
Π^{m*}	۷۰۱۵۸۱۹/۹۴	۲۲۸۳۸۸۱/۷۱۷	۱۰۶۷۷۴۷۴/۴۴۹	–
$\Pi_1^r + \Pi_2^{r*}$	–	۷۶۱۷۲۲۲/۹۴۴	–	–
$\Pi_{c1}{}^*$	–	–	۱۰۷۳۷۰۵۰/۱۶۹	–
$\Pi_{c2}{}^*$	–	–	۱۰۷۳۹۰۷۶/۳۴	–
$\Pi_c{}^*$	–	–	–	۱۳۲۷۳۶۲۰/۳

برای بررسی منحصربه‌فرد بودن جواب‌های به‌دست آمده و اینکه این نقاط نقطهٔ ماکزیمم تابع باشد، باید اطراف این نقطه پیوسته و مشتق‌پذیر باشد و باید شرایط مقعربودن تابع سود از طریق ماتریس هشین برای هر یک از کانال‌ها بررسی شود. شرایط مقعر بودن تابع سود هر کانال به شرح زیر است:

الف) مشتق دوم هر یک از متغیرها منفی باشد.

ب) مینورهای اصلی دوم مثبت باشد؛ یعنی $|H_{ci.34}| > 0$، $|H_{ci.24}| > 0$، $|H_{ci.14}| > 0$، $|H_{ci.13}| > 0$، $|H_{Ci.12}| > 0$ و $|H_{ci.23}|0 >$.

ج) مینورهای اصلی سوم منفی باشد؛ یعنی $|H_{ci}| < 0$.

شرایط لازم برای مقعر بودن توابع برقرار است، در نتیجه مقادیر به‌دست‌آمده برای متغیرهای تصمیم بهینه هستند.

برای تابع سود تولیدکننده و خرده فروش در کانال اول، مشتق‌های جزئی به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

رابطهٔ ۳۲)
$$\frac{d\,\Pi_{c1}(w_1,\theta_1,p_1)}{dw_1 d\theta_1}=\frac{-1}{{w_{max}}^2}\Big(k_4\sqrt{a_n}+k_5\left(\sqrt{a_{l1}}+\sqrt{a_{l2}}\right)\Big)\big(2\,c_0\,\varepsilon\,K_3\,w_{max}+\alpha(4c_0\varepsilon K_3 w_1+(\beta_2\,(2K_0+(K_2-K_1)(p_1+p_2-2p_m)+4K_3(\theta_1-\theta_{min}))+K_3(2\,\beta_1-p_1-v_2))\,w_{max})\big)$$

رابطهٔ ۳۳)
$$\frac{d\,\Pi_{c1}(w_1,\theta_1,p_1)}{dw_1 dp_1}=\frac{-1}{{w_{max}}^2}\Big(k_4\sqrt{a_n}+k_5\left(\sqrt{a_{l1}}+\sqrt{a_{l2}}\right)\Big)\big(c_0\,\varepsilon\,(K_2-K_1)\,w_{max}+\alpha\,(2\,c_0\,\varepsilon\,(K_2-K_1)\,w_1-(K_0-\beta_1(K_2-K_1)+K_2\,(p_2-p_m)-K_1\,(2p_1-p_m)-\beta_2\,(K_2-K_1)(\theta_1-\theta_{min})+K_3(\theta_1-\theta_{min})+K_2\,v_2)\,w_{max})\big)$$

رابطهٔ ۳۴)
$$\frac{d\,\Pi_{c1}(w_1,\theta_1,p_1)}{d\theta_1 dp_1}=\Big(k_4\sqrt{a_n}+k_5\left(\sqrt{a_{l1}}+\sqrt{a_{l2}}\right)\Big)(k_3-\beta_2(K_2-K_1)(1+\frac{\alpha w_1}{w_{max}})$$

رابطهٔ ۳۵)
$$\frac{d\,\Pi_{c1}(w_1,\theta_1,p_1)}{dw_1{}^2}=-14686.2<0$$

رابطهٔ ۳۶)
$$\frac{d\,\Pi_{c1}(w_1,\theta_1,p_1)}{d\theta_1{}^2}=-1.1313\times10^7<0$$

رابطهٔ ۳۷)
$$\frac{d\,\Pi_{c1}(w_1,\theta_1,p_1)}{dp_1{}^2}=-650.499<0$$

رابطهٔ ۳۸)
$$|H_{C1.12}| = =-2.7\times10^{10}-3.6\times10^5\,p_2{}^2-2.3\times10^6\,p_1{}^2-2.04\times10^{11}\theta_1-8.6\times10^{10}\theta_1{}^2+9.7\times10^8 v_2+5.4\times10^8\theta_1 v_2-843724.9 v_2{}^2+p_2(1.96\times10^8-18.3\times10^6 p_1+3.5\times10^8\theta_1-1.1\times10^6 v_2+3.7\times10^{-9}w_1)-4.5\times10^9 w_1-3.6\times10^9\theta_1 w_1+2.3\times10^7 v_2 w_1-1.5\times10^8 w_1{}^2+p_1(1.2\times10^9+8.9\times10^8\theta_1-2.8\times10^6 v_2+2.2\times10^7 w_1$$
$$=1.28\times10^{11}>0$$

رابطهٔ ۳۹)
$$|H_{C1.13}| = =6.1\times10^6-0.8p_2{}^2-285.6\,p_1{}^2-2.7\times10^6\theta_1-2.3\times10^6\theta_1{}^2-5.3\times10^3 v_2-2.7\times10^3 v_2\theta_1-0.8 v_2{}^2+p_2(-3.08\times10^4+31.04p_1-2.8\times10^3\theta_1-1.7v_2-940.9w_1)-1.9\times10^5 w_1+5.4\times10^4\theta_1 w_1-92.2 v_2 w_1-2521.4 w_1{}^2+p_1(7.3\times10^4+5.1\times10^4\theta_1+31.04 v_2+848.6 w_1)$$
$$=8619608.01>0$$

رابطهٔ ۴۰) $|H_{C1.23}| = =2.4\times 10^{9}+1.6\times 10^{8}w_1 + 2.7\times 10^{6}{w_1}^2$
$=3.93\times 10^{9}>0$

رابطهٔ ۴۱) $|H_{C1}| =7.8\times 10^{11}(9.5-0.05p_2+3.1\times 10^{-4}{p_2}^2-0.44p_1-1.8\times 10^{-4}p_1p_2+1.7\times 10^{-3}{p_1}^2+70.8\theta_1-0.12p_2\theta_1-0.3p_1\theta_1+30{\theta_1}^2-0.3v_2+9.01\times 10^{-4}p_2v_2-1.8\times 10^{-4}p_1v_2-0.18\theta_1v_2+6.5\times 10^{-4}{v_2}^2+1.82w_1-2.9\times 10^{-3}p_2w_1+1.03{p_2}^2w_1-1.9\times 10^{-2}p_1w_1-6.2\times 10^{-6}p_1p_2w_1+5.7\times 10^{-5}w_1+3.6w_1\theta_1-4.09\times 10^{-3}p_2w_1\theta_1-0.01p_1w_1\theta_1+{\theta_1}^2w_1-0.02w_1v_2+3\times 10^{-5}v_2p_2w_1-6.2\times 10^{-6}v_2p_1w_1-6.2\times 10^{-3}w_1v_2\theta_1+2.2\times 10^{-5}{v_2}^2w_1+0.1{w_1}^2-4\times 10^{-5}p_2{w_1}^2-1.7\times 10^{-4}p_1{w_1}^2+0.04\theta_1{w_1}^2-3.2\times 10^{-4}v_2{w_1}^2+1.8\times 10^{-4}{w_1}^3)=-4.45\times 10^{13}<0$

همان طور که ملاحظه می‌شود، شرایط لازم برای مقعر بودن تابع برقرار است، در نتیجه مقادیر به‌دست‌آمده برای متغیرهای تصمیم بهینه هستند. مشتق‌های جزئی کانال دوم به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

رابطهٔ ۴۲) $\frac{d\,\Pi_{c2}(w_2,\theta_2,p_2)}{dw_2 d\theta_2}=\frac{-1}{{w_{max}}^2}\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\left(\sqrt{a_{l1}}+\sqrt{a_{l2}}\right)\right)(2\,c_0\,\varepsilon\,K_3\,w_{max}+\alpha(4c_0\varepsilon K_3 w_2 + (\beta_2(2K_0+(K_2-K_1)(p_1+p_2-2p_m)+4K_3(\theta_1-\theta_{min}))+K_3(2\beta_1-p_2-v_1))\,w_{max}))$

رابطهٔ ۴۳) $\frac{d\,\Pi_{c2}(w_2,\theta_2,p_2)}{d\theta_2 dp_2}=\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\left(\sqrt{a_{l1}}+\sqrt{a_{l2}}\right)\right)(k_3-\beta_2(K_2-K_1)(1+\frac{\alpha w_2}{w_{max}}))$

رابطهٔ ۴۴) $\frac{d\,\Pi_{c2}(w_2,\theta_2,p_2)}{dw_2 dp_2}=\frac{-1}{{w_{max}}^2}\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\left(\sqrt{a_{l1}}+\sqrt{a_{l2}}\right)\right)(c_0\,\varepsilon\,(K_2-K_1)\,w_{max}+\alpha(2\,c_0\,\varepsilon\,(K_2-K_1)w_2-(K_0-\beta_1(K_2-K_1)+K_2\,(p_2-p_m)-K_1\,(2p_1-p_m)-\beta_2\,(K_2-K_1)(\theta_1-\theta_{min})+K_3(\theta_1-\theta_{min})+K_2\,v_1)\,w_{max}))$

رابطهٔ ۴۵) $\frac{d\,\Pi_{c2}(w_2,\theta_2,p_2)}{d{w_2}^2}=-12.25(200+0.5(p_2-300)-4.6(p_1-300)+50(\theta_2-0.5))-12.2(200-4.6(p_2-300)+0.5(p_1-300)+500(\theta_2-0.5))=-14686.2<0$

رابطهٔ ۴۶) $\frac{d\,\Pi_{c2}(w_2,\theta_2,p_2)}{d{\theta_2}^2}=-4\beta_2\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\left(\sqrt{a_{l1}}+\sqrt{a_{l2}}\right)\right)k_3(1+\frac{\alpha w_2}{w_{max}})=-8818031.74(1+0.033w_2)=-1.1313\times 10^{7}<0$

رابطهٔ ۴۷) $\frac{d\,\Pi_{c2}(w_2,\theta_2,p_2)}{d{p_2}^2}=-2\left(k_4\sqrt{a_n}+k_5\left(\sqrt{a_{l1}}+\sqrt{a_{l2}}\right)\right)K_1(1+\frac{\alpha w_2}{w_{max}})=-50.04(1+0.033\,w_2)=-650.499<0$

رابطهٔ ۴۸) $|H_{C2.12}|=-2.7\times 10^{10}+1.2\times 10^{9}p_2-2313777{p_2}^2+1.96\times 10^{8}p_1-1833137.4p_2p_1-363085.2{p_1}^2-2.04\times 10^{11}\theta_2+8.9\times 10^{8}p_2\theta_2+3.5\times 10^{8}p_1\theta_2-8.6\times 10^{10}{\theta_2}^2+9.7\times 10^{8}v_1 2794416.7p_2v_1-1106967.03p_1v_1+5.4\times 10^{8}\theta_2v_1-$

843724. $9v_1^2$-4. $5\times 10^9 w_2$+2. $2\times 10^7 w_2 p_2$+3. $7\times 10^{-9} w_2 p_1$-3. $6\times 10^9 \theta_2 w_2$+2. $3\times 10^7 v_1 w_2$-1. $5\times 10^8 w_2^2$=1.66×10^{11} >0

رابطهٔ ۴۹) $|H_{C2.13}|$ =6. 1×10^6+23080. 1+73275. $8p_2$-285. $6p_2^2$-30826. $3p_1$+31. $04p_2 p_1$-0. $84p_1^2$-2. $7\times 10^6 \theta_2$+5. $1\times 10^4 \theta_2 p_2$-2794. $4\theta_2 p_1$-2. $3\times 10^6 \theta_2^2$-5366. $09v_1$+31. $04p_2 v_1$-1. $68p_1 v_1$-2794. $4\theta_2 v_1$-0. $84v_1^2$+1. $95w_2$+848. $7p_2 w_2$-940. $9p_1 w_2$+5. $4\times 10^4 \theta_2 w_2$-92. $2v_1 w_2$-2521. $4w_2^2$ = 8619608.01>0

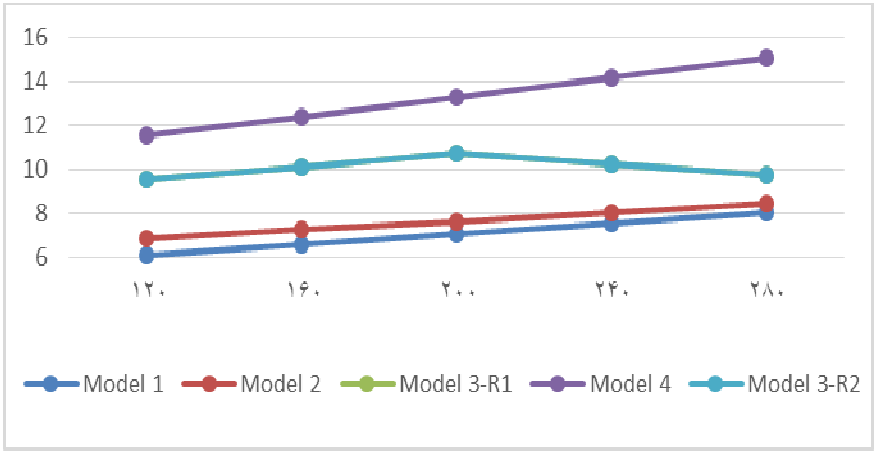
رابطهٔ ۵۰) $|H_{C2.23}|$ = =2. 38×10^9+1. $59\times 10^8 w_2$+2. $6\times 10^6 w_2^2$ =3.93×10^9>0

رابطهٔ ۵۱) $|H_{C2}|$=7. 8×10^{11}(9. 5-0. $05p_2$+3. $1\times 10^{-4} p_2^2$-0. $44p_1$-1. $8\times 10^{-4} p_1 p_2$+1. $7\times 10^{-3} p_1^2$+70. $8\theta_1$-0. $12p_2\theta_1$-0. $3p_1\theta_1$+$30\theta_1^2$-0. $3v_2$+9. $01\times 10^{-4} p_2 v_2$-1. $8\times 10^{-4} p_1 v_2$-0. $18\theta_1 v_2$+6. $5\times 10^{-4} v_2^2$+1. $82w_1$-2. $9\times 10^{-3} p_2 w_1$ + $1.03p_2^2 w_1$-1. $9\times 10^{-2} p_1 w_1$-6. $2\times 10^{-6} p_1 p_2 w_1$+5. $7\times 10^{-5} w_1$+3. $6w_1\theta_1$-4. $09\times 10^{-3} p_2 w_1\theta_1$-0. $01p_1 w_1\theta_1$+$\theta_1^2 w_1$-0. $02w_1 v_2 + 3\times 10^{-5} v_2 p_2 w_1$-6. $2\times 10^{-6} v_2 p_1 w_1$-6. $2\times 10^{-3} w_1 v_2\theta_1$+2. $2\times 10^{-5} v_2^2 w_1$+0. $1w_1^2$-4$\times$ $10^{-5} p_2 w_1^2$-1. $7\times 10^{-4} p_1 w_1^2$+0. $04\theta_1 w_1^2$-3. $2\times 10^{-4} v_2 w_1^2$+1. $8\times 10^{-4} w_1^3$)=-5.82×10^{13}<0

مدل همکاری بیشترین سود را دارد و روش LCA نتایج بهتری را نسبت به روش متمتیکا نشان می‌دهد. علاوه‌بر سرعت بالای الگوریتم، می‌توان به این نکتهٔ مثبت اشاره کرد که پیچیدگی مدل مانع از جواب درست در متمتیکا خواهد شد، اما در روش LCA پیچیدگی مدل، مانع به‌دست‌آوردن بهترین جواب ممکن نخواهد شد. سود کلی زنجیرهٔ تأمین در مدل همکاری کلی، از مجموع سود اعضای زنجیرهٔ تأمین در هر یک از سه مدل استکلبرگ تولیدکننده ـ رهبر، استکلبرگ خرده‌فروشان ـ رهبر و همکاری در کانال بیشتر است. پس همهٔ اعضای زنجیره به‌سمت همکاری گام خواهند برداشت؛ چرا که مدل همکاری باعث افزایش رضایت و سود هر یک از اعضا خواهد شد.

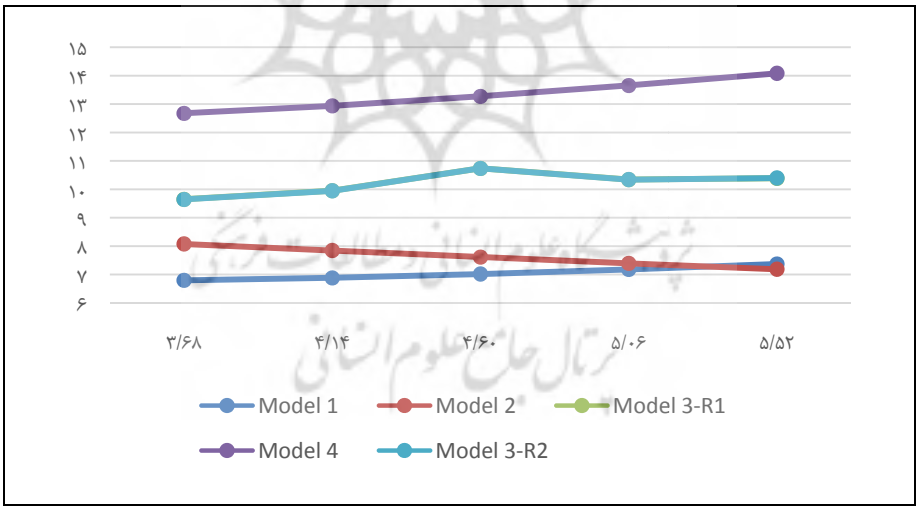
تحلیل حساسیت

در نمودارهای زیر Model 1 نشان‌دهندهٔ سود تولیدکننده در بازی اول، Model 2 نشان‌دهندهٔ سود خرده‌فروشان در مدل دوم، Model 3-R1 سود کانال اول، Model 3-R2 سود کانال دوم در مدل سوم و Model 4 نشان‌دهندهٔ سود کل کانال در مدل آخر است. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، افزایش k_0، باعث افزایش سود در مدل‌های اول و دوم و چهارم می‌شود که به‌طبع، هرچه کشش بازار افزایش پیدا کند، تقاضا و در نتیجه سود هر یک از بازیکنان در حالت غیرهمکاری و همکاری، همچنین سود کل در حالت همکاری افزایش پیدا می‌کند. تأثیر این پارامتر بر سود مدل سوم به‌صورت نوسانی است؛ زیرا دو کانال متفاوت و رقابتی موجود است و سود هر یک، به سود دیگری نیز بستگی دارد.



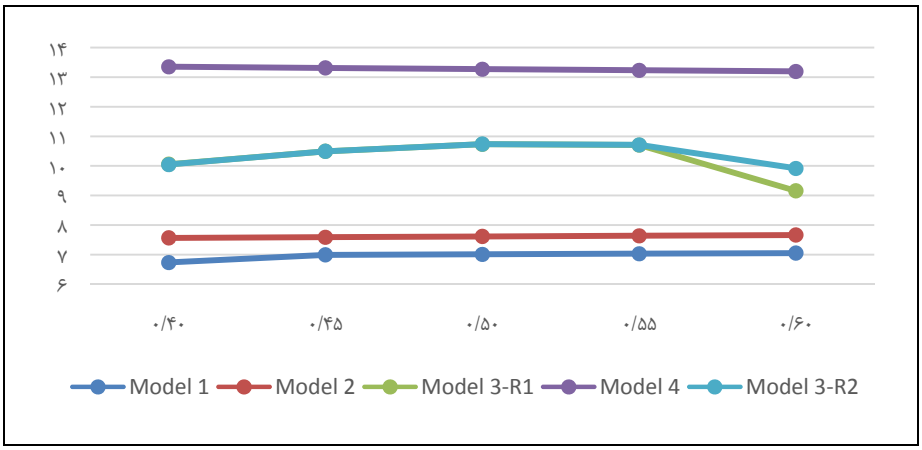
شکل ۱. نمودار نتایج تحلیل حساسیت چهار مدل نسبت به k_0

با توجه به نمودار شکل ۲، افزایش k_1 موجب افزایش سود در مدل اول و کاهش سود در مدل دوم می‌شود؛ زیرا خرده فروشان در مدل اول پیرو و در مدل دوم رهبر هستند. در مدل چهارم موجب افزایش سود می‌شود و تأثیر آن بر مدل سوم به‌صورت نوسانی است.

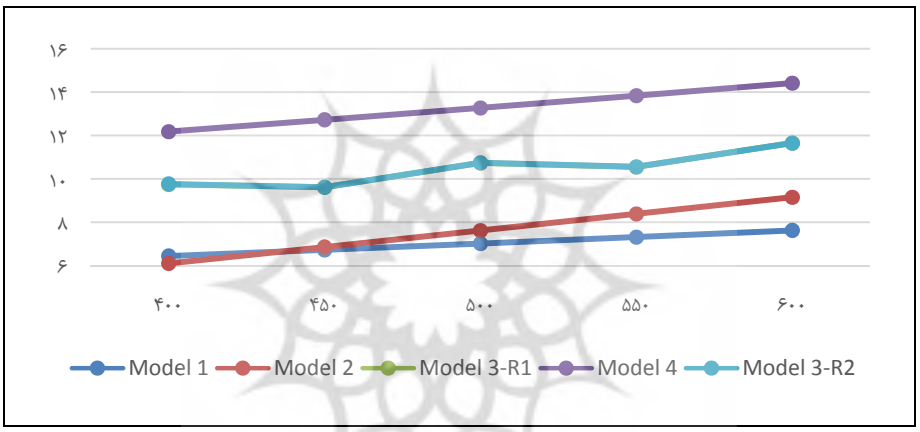


شکل ۲. نمودار نتایج تحلیل حساسیت چهار مدل نسبت به k_1

شکل ۳ نشان‌دهندهٔ تأثیر مستقیم k_2 بر سود در مدل‌های اول و دوم و تأثیر معکوس آن بر سود کلی در مدل چهارم است. همچنین تأثیرهای k_2 بر سود هر کانال در مدل سوم به‌صورت نوسانی است. همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، افزایش k_3 در همهٔ مدل‌ها باعث افزایش سود می‌شود. واضح است که افزایش کیفیت محصول موجب افزایش تقاضا و افزایش سود در همه مدل‌ها می‌شود.

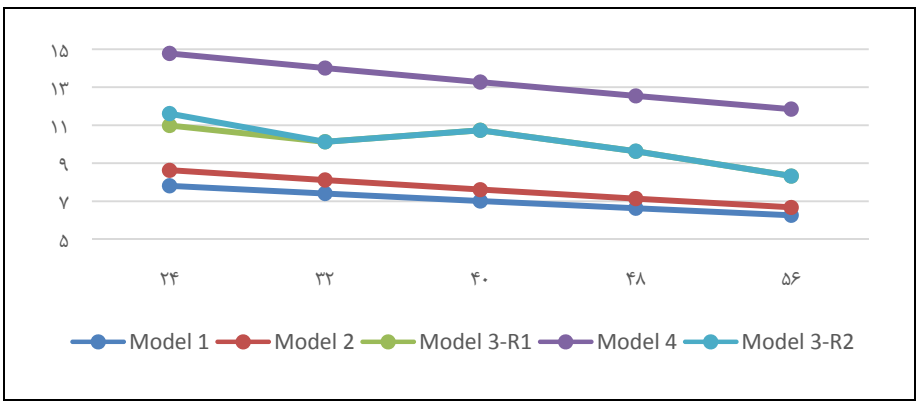


شکل ۳. نمودار نتایج تحلیل حساسیت چهار مدل نسبت به k_2

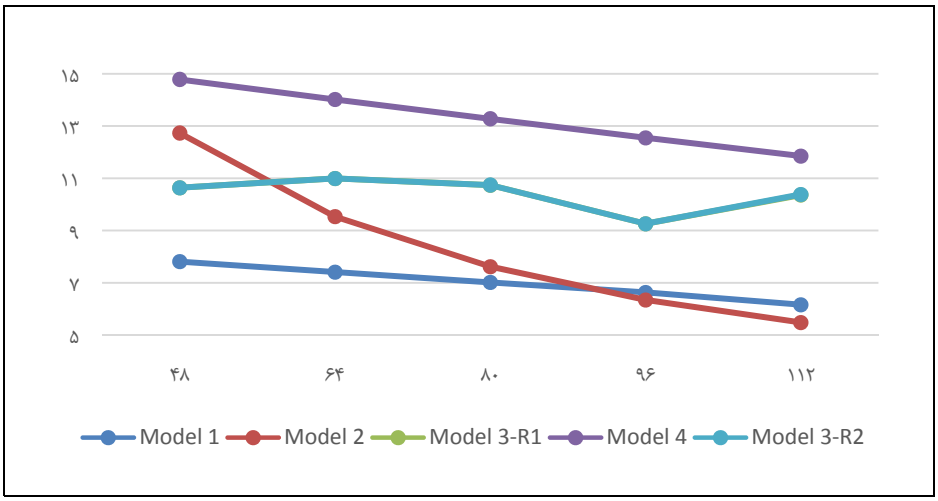


شکل ٤. نمودار نتایج تحلیل حساسیت چهار مدل نسبت به k_3

با توجه به شکل ۵، افزایش β_1 موجب کاهش سود در مدل‌های اول و دوم و چهارم می‌شود و تأثیر این پارامتر بر سود کانال‌ها در مدل سوم به‌صورت نوسانی است؛ اما روندی نزولی دارد. افزایش این پارامتر باعث افزایش هزینهٔ مواد خام می‌شود و در همهٔ مدل‌ها، به‌طبع باعث کاهش سود می‌شود.

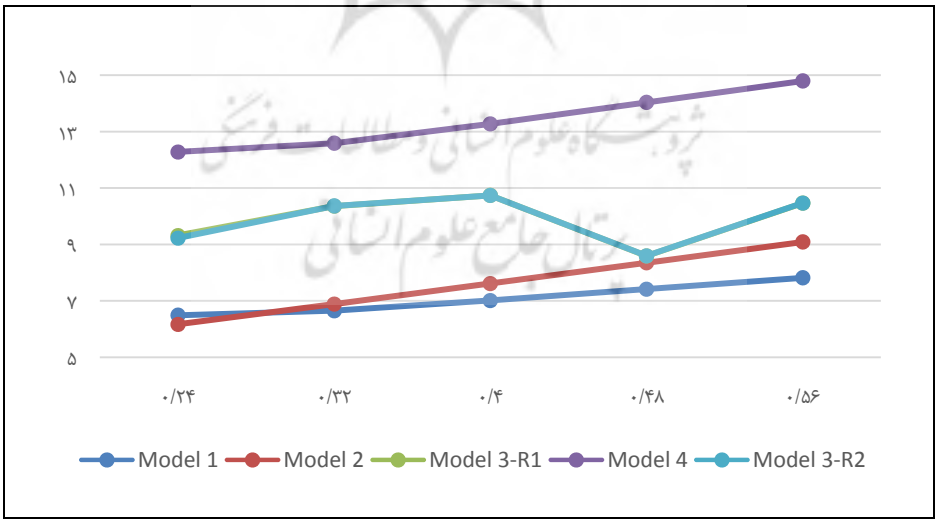


شکل ۵. نمودار نتایج تحلیل حساسیت چهار مدل نسبت به β_1



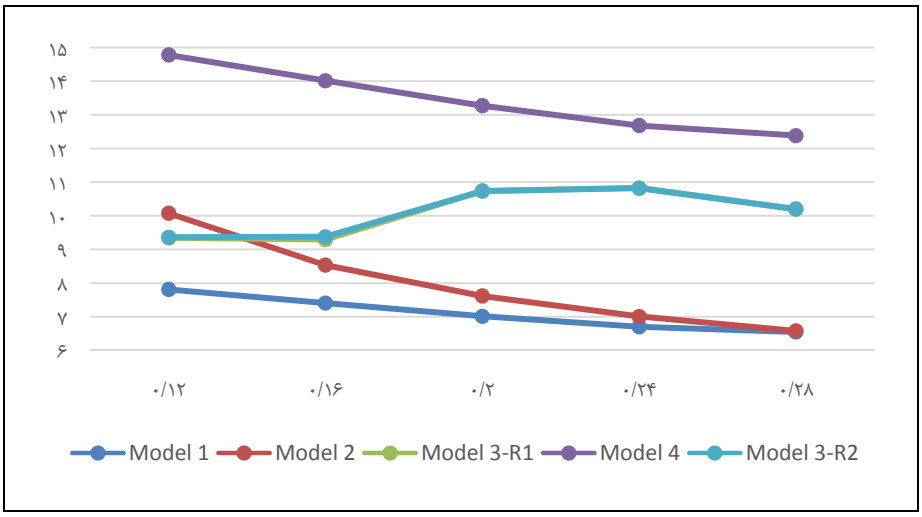
شکل ٦. نمودار نتایج تحلیل حساسیت چهار مدل نسبت به β_2

همان طور که در نمودار شکل ۶ مشاهده می‌شود، افزایش β_2، باعث کاهش سود در مدل‌های اول و دوم و چهارم می‌شود؛ زیرا افزایش β_1 موجب افزایش هزینهٔ مواد خام می‌شود و سود کاهش می‌یابد. تأثیر این پارامتر بر سود مدل سوم به‌صورت نوسانی است. شکل ۷ نشان‌دهندهٔ تأثیر مستقیم α بر سود، در مدل‌های اول و دوم و چهارم است. بدیهی است که هرچه ضریب حساسیت نسبت به طول دورهٔ وارانتی محصول بیشتر شود، محصولات با طول دورهٔ وارانتی بیشتر، تقاضا بیشتر و سود در همکاری و غیرهمکاری بیشتر می شود. همچنین تأثیرات α بر سود هر کانال در مدل سوم به‌صورت نوسانی است؛ زیرا سود دو کانال به عوامل دیگری از بازیکنان کانال دیگر وابسته است.



شکل ۷. نمودار نتایج تحلیل حساسیت چهار مدل نسبت به α

با توجه به شکل ۸ افزایش ε موجب کاهش سود در مدل‌های اول و دوم و چهارم می‌شود؛ زیرا هزینه‌ها را افزایش می‌دهد و تأثیر این پارامتر بر سود کانال‌ها در مدل سوم به‌صورت نوسانی است.



شکل ۸. نمودار نتایج تحلیل حساسیت چهار مدل نسبت به ε

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با مطالعهٔ تحقیقات انجام‌شده در زمینهٔ قیمت گذاری، وارانتی و کیفیت محصولات با استفاده از تئوری بازی‌ها، شکاف تحقیقاتی شناسایی شد و مدل‌ها با در نظر گرفتن همهٔ متغیرها به‌صورت هم‌زمان، بین یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش که به‌صورت رقابتی روی قیمت خرده‌فروشی با هدف حداکثرسازی سود عمل می‌کنند، توسعه داده شده است. در این راستا، چهار مدل استکلبرگ تولیدکننده رهبر، استکلبرگ خرده‌فروشان رهبر، همکاری در کانال و همکاری کلی در نظر گرفته شده است. ابتدا هر یک از بازی‌ها مدل‌سازی شد و پس از آن برای هر یک، مثال عددی آورده شد. در این تحقیق مثال عددی، طی دو روش الگوریتم LCA و حل از طریق نرم‌افزار متمتیکا محاسبه شد. مقادیر به‌دست‌آمده از طریق الگوریتم LCA در هر چهار مدل نتایج بهتری نسبت به نرم‌افزار متمتیکا نشان می‌دهد و سود به‌دست‌آمده از طریق این الگوریتم نیز بیشتر است که دقت بالا و سرعت بیشتر این الگوریتم در حل بهینه‌سازی مدل های غیرخطی با محدودیت را نشان می‌دهد. سود کل زنجیره در حالت همکاری بیشتر از حالت غیرمتمرکز است و همچنین سود کلی در حالت همکاری بیشتر از حالت همکاری در کانال است. پس بهترین تصمیم برای زنجیره، به‌ترتیب همکاری، همکاری هر خرده فروش با تولیدکننده به‌صورت جداگانه، رهبر تولیدکننده و در آخر رهبر خرده‌فروش است. در نتیجه، اعضای زنجیره به‌دنبال همکاری هستند که این امر موجب افزایش سود خود و دیگر اعضا می‌شود. از طرفی، در واقعیت تولیدکننده می‌تواند روی وارانتی و تبلیغات عمومی سرمایه‌گذاری کند که این امر موجب افزایش تقاضا و افزایش سود کل زنجیره می‌شود، همچنین اگر خرده‌فروش به تبلیغات محلی بیشتر بپردازد، موجب افزایش سود کل می‌شود.

همان طور که بیان شد، عوامل مختلفی روی تقاضای مشتری تأثیرگذارند که در این تحقیق تقاضا تابعی از کیفیت، طول دورهٔ وارانتی و قیمت محصول بیان شده است. در ضمن، تبلیغات محلی و عمومی به‌صورت یک متغیر بیرونی روی تقاضا تأثیرگذارند. در دنیای واقعی، همان طور که می‌دانیم عوامل بیشتری روی تقاضا تأثیر می‌گذارند. بنابراین در نظر گرفتن عوامل مؤثر دیگر روی تقاضا، به‌صورت کلی‌تر، می‌تواند این پژوهش را به واقعیت نزدیک‌تر کند. الگوریتم‌های

زیادی برای یافتن جواب بهینه ارائه شده است که در نظر گرفتن سایر الگوریتم‌ها برای حل، می‌تواند نوآوری جدیدی باشد (حسین‌زاده کاشان، کریمیان، کریمیان و حسین‌زاده کاشان[1]، ۲۰۱۲؛ حسین‌زاده کاشان، جلیلی و کریمیان[2]، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹). در این تحقیق فرض بر یک زنجیرهٔ تأمین تک‌محصولی بود. در نظرگرفتن زنجیره‌های تأمین چندسطحی، حوزهٔ مناسبی برای گسترش مدل است. همچنین توابع مختلفی برای بیان تأثیر تبلیغات محلی و عمومی وجود دارد که در این تحقیق، از یکی از این توابع استفاده شده است؛ بنابراین استفاده از سایر توابع تبلیغات و مقایسهٔ تأثیرگذاری هر یک روی سود مدل‌ها، می‌تواند موضوع جالبی برای توسعهٔ مدل باشد.

منابع

آقازاده، هاشم و مالکی، حسین (۱۳۹۹). طراحی چارچوب مفهومی کیفیت رابطه خریداران و تأمین‌کنندگان در زنجیرهٔ تأمین و اولویت‌بندی مؤلفه‌ها کلیدی آن: رهیافت فراترکیب. *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۴)، ۵۷۸- ۶۰۸.

بنی‌هاشمی، سید علی و حاجی مولانا، سیدمحمد (۱۳۹۶). تحلیل حساسیت اثر شلاق چرمی در زنجیره تأمین چهارسطحی با استفاده از روش میانگین متحرک برای برآورد تقاضا. *مدیریت صنعتی*، ۹(۱)، ۴۳- ۵۸.

سیدی، سیدحسین، امیری، مقصود؛ یوسفی هنومرور، احمد (۱۳۹۵). طراحی چارچوبی برای تعیین ترکیب بهینهٔ استراتژی در تحلیل SWOT به‌وسیلهٔ ارزش خالص فعلی فازی و تئوری بازی‌ها. *مدیریت صنعتی*، ۸(۳)، ۴۰۵- ۴۲۲.

صادقی مقدم، محمدرضا؛ تقی‌زاده یزدی، محمدرضا؛ نوفرستی، ریحانه (۱۴۰۰). طراحی مدل هماهنگی زنجیره تأمین بشردوستانه بازسازی مسکن پس از فاجعه سیل با رویکرد شبیه‌سازی عامل‌بنیان. *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۳)، ۴۶۷- ۴۹۱.

فرخی، محمدامین؛ راستی برزکی، مرتضی (۱۳۹۴). قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین دو سطحی با در نظر گرفتن رقابت تولیدکنندگان در تصاحب بازار در سیستم تولید بر اساس سفارش با استفاده از نظریه بازی. *نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید*، ۳(۶)، ۲۰۷- ۲۱۹.

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.

محقر، فاطمه؛ جولای، فریبرز؛ حیدری، جعفر (۱۳۹۹). مدل‌سازی زنجیره تأمین چهارسطحی چندکاناله یکپارچه برای محصول فصلی تحت تقاضای تصادفی. *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۲)، ۲۰۶- ۲۳۵.

میرحبیبی، سید داود؛ فارسیجانی، حسن؛ مدیری، محمود؛ خلیلی دامغانی، کاوه (۱۳۹۷). تبیین نقش زنجیرهٔ تأمین یکپارچه برای رسیدن به تولید در کلاس جهانی در صنایع الکترونیک خانگی. *مدیریت صنعتی*، ۱۰(۱)، ۱۰۱- ۱۲۰.

نصراللهی، مهدی؛ اصغری زاده، عزت الله (۱۳۹۵). برآورد هزینه‌های وارانتی تولیدکننده و خریدار براساس نوعی سیاست جدید وارانتی PRW. *مدیریت صنعتی*، ۸(۱)، ۹۷- ۱۱۲.

1. Husseinzadeh Kashan, Karimiyan, Karimiyan & Husseinzadeh Kashan
2. Husseinzadeh Kashan, Jalili & Karimiyan

References

Aghazadeh, H. & Maleki, H. (2020). Developing a Conceptual Framework of Buyer-Supplier Relationship Quality in the Supply Chain and Prioritizing its key Components: A Meta-Synthesis Method. *Industrial Management Journal*, *12*(4), 578-608. doi: 10.22059/imj.2021.311129.1007785. (*in Persian*)

Banihashemi, S. A. & Haji Molana, S. M. (2017). Analyzing Bullwhip Effect Sensitivity in a Four-level Supply Chain Using Average Moving Method to Forecast the Demand. *Industrial Management Journal*, *9*(1), 43-58. doi: 10.22059/imj.2017.223681.1007173. (*in Persian*)

Chakraborty, T., Chauhan, S. S. & Ouhimmou, M. (2019). Cost-sharing mechanism for product quality improvement in a supply chain under competition. *International Journal of Production Economics*, *208*, 566-587.

Chien, Y. H., Zhang, Z. G., Wang, J. & Sheu, S. H. (2020). A note on optimizing practical product warranty via linear pricing. *Quality Technology & Quantitative Management*, *17*(2), 234-253.

Choi, T., Taleizadeh, A. & Yue, X. (2020). Game theory applications in production research in the sharing and circular economy era, *International Journal of Production Research*, 58(1), 118-127.

Dai, Y., Zhou, S. X., Xu, Y. (2012). Competitive and collaborative quality and warranty management in supply chain. *Production and Operations management*, 21(1), 129–144.

Dos Santos, R. R. & Guarnieri, P. (2020). Social gains for artisanal agroindustrial producers induced by cooperation and collaboration in agri-food supply chain. *Social Responsibility Journal*, 17(8), 1131-1149.

Fang, Y. & Shou, B. (2015). Managing supply uncertainty under supply chain Cournot competition. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 156-176.

Farrokhi, M. A. & Rasti-Barzoki, M. (2016). Pricing in a Two-Echelon Supply Chain with Manufacturers' Competing to Seizing the Market in the Make-to-Order Environment by Using Game Theory. *Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems*, *3*(6), 207-219. (*in Persian*)

Husseinzadeh Kashan, A. H. (2009, December). League championship algorithm: a new algorithm for numerical function optimization. *2009 international conference of soft computing and pattern recognition* (pp. 43-48). IEEE

Husseinzadeh Kashan, A. H., Karimiyan, S., Karimiyan, M. & Kashan, M. H. (2012, November). A modified League Championship Algorithm for numerical function optimization via artificial modeling of the "between two halves analysis". In *The 6th international conference on soft computing and intelligent systems, and the 13th international symposium on advanced intelligence systems* (pp. 1944-1949). IEEE.

Husseinzadeh Kashan, A., Jalili, S. & Karimiyan, S. (2018). Optimum structural design with discrete variables using league championship algorithm. *Civil engineering infrastructures journal*, 51(2), 253-275.

Husseinzadeh Kashan, A., Jalili, S. & Karimiyan, S. (2019). Premier league championship algorithm: A multi-population-based algorithm and its application on structural design optimization. In *Socio-cultural inspired metaheuristics* (pp. 215-240). Springer, Singapore.

Khorshidvand, B., Soleimani, H., Sibdari, S. & Esfahani, M. M. S. (2021). Developing a two-stage model for a sustainable closed-loop supply chain with pricing and advertising decisions. *Journal of Cleaner Production*, *309*, 127165.

Kirmani, A., Rao, A. R. (2000). No pain, no gain: a critical review of the literature on signaling unobservable quality. *Journal of Marketing* 64 (2), 66-79.

Li, D. & Nagurney, A. (2015). A general multitiered supply chain network model of quality competition with suppliers. *International Journal of Production Economics*, *170*, 336-356.

Li, P., Rao, C., Goh, M. and Yang, Z. (2021). Pricing strategies and profit coordination under a double echelon green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123694.

Li, Q., Sun, H., Zhang, H., Li, W. & Ouyang, M. (2020). Design investment and advertising decisions in direct-sales closed-loop supply chains. *Journal of Cleaner Production*, *250*, 119552.

Liu, B., Shen, L., Xu, J. & Zhao, X. (2020). A complimentary extended warranty: Profit analysis and pricing strategy. *International Journal of Production Economics*, *229*, 107860.

Lu, Z. & Shang, J. (2019). Warranty mechanism for pre-owned tech products: Collaboration between E-tailers and online warranty provider. *International journal of production economics*, *211*, 119-131.

Mirhabibi, S. D. Farsijani, H., Modiri, M., khalili Damghani, K. (2018). Explaining the role of Integrated Supply Chain on Attainment of World Class Manufacturing in Electronic domestic Appliance Industries. *Industrial Management Journal*, *10*(1), 101-120. doi: 10.22059/imj.2018.247134.1007355. (*in Persian*)

Mohaghar, F., Jolai, F. & Heydari, J. (2020). Modeling a Four Echelon Omni-Channel Supply Chain for Seasonal Product under Stochastic Demand. *Industrial Management Journal*, *12*(2), 206-235. doi: 10.22059/imj.2020.306753.1007759. (*in Persian*)

Mojibian, F. & Khadivar, A. (2016). Product Pricing Model in Industrial Clusters Using Game Theory Approach (Case Study: Stone Cluster in Tehran). *Industrial Management Journal*, *8*(2), 263-286. doi: 10.22059/imj.2016.60658. (*in Persian*)

Myerson, R. B. (1997). *Game theory: analysis of conflict*. Harvard university press.

Nasrollahi, M. & Asgharizadeh, E. (2016). Estimating warranty costs for the manufacturer and buyer based on a new Pro-Rata Warranty policy. *Industrial Management Journal*, *8*(1), 97-112. doi: 10.22059/imj.2016.59601. (*in Persian*)

Niwas, R. & Garg, H. (2018). An approach for analyzing the reliability and profit of an industrial system based on the cost free warranty policy. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, *40*(5), 1-9.

Sadeghi Moghadam, M. R., Taghizadeh Yazdi, M. R. & Noferesti, R. (2022). Designing a Humanitarian Supply Chain Coordination Model for Housing Reconstruction after Floods: An Agent-Based Simulation. *Industrial Management Journal*, *13*(3), 467-491. doi: 10.22059/imj.2021.324747.1007848 (*in Persian*)

Sadeghi, R., Taleizadeh, A. A., Chan, F. T. & Heydari, J. (2019). Coordinating and pricing decisions in two competitive reverse supply chains with different channel structures. *International Journal of Production Research*, *57*(9), 2601-2625.

Seyyedi, S. H., Amiri, M. & Yousefi Hanoomarvar, A. (2016). Designing a framework for determining the optimal strategy combination on SWOT analysis by fuzzy net present value and game theory. *Industrial Management Journal*, *8*(3), 405-422. doi: 10.22059/imj.2016.61713. (*in Persian*)

Szmerekovsky, J. G. & Zhang, J. (2009). Pricing and two-tier advertising with one manufacturer and one retailer, *European Journal of Operational Research,*192(3), 904-917.

Wang, X., Li, L. & Xie, M. (2020). An unpunctual preventive maintenance policy under two-dimensional warranty. *European Journal of Operational Research*, 282 (1), 304–318.

Wang, X., Zhao, X., Liu, B., (2020). Design and pricing of extended warranty menus based on the multinomial logit choice model. *European Journal of Operational Research*, 287 (1), 237–250.

Whitefield, R. I., Duffy, A. H. B. (2012). Extended revenue forecasting within a service industry. *International Journal of Production Economics*, 141 (2), 505-518.

Wu, Ch. Ch., Chou, Ch. Y., Huang, Ch. (2009). Optimal price, warranty length and production rate for free replacement policy in the static demand market. *Omega-The International Journal of Management Science*, (37), 29–39.

Wu, S. (2013). A review on coarse warranty data and analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, *114*, 1-11.

Wu, S. (2014). Warranty return policies for products with unknown claim causes and their optimisation. *International Journal of Production Economics*, *156*, 52-61.

Wu, S., Coolen, F. P. & Liu, B. (2017). Optimization of maintenance policy under parameter uncertainty using portfolio theory. *IISE Transactions*, *49*(7), 711-721.

Xie, J. & Wei, J.C. (2009). Coordinating advertising and pricing in a manufacturer–retailer channel. *European Journal of Operational Research*, 197(2), 785–791.

Xie, J., Neyret, A. (2009). Co-op advertising and pricing models in manufacturer– retailer supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 56 (4), 1375–1385.

Yazdian, S. A., Shahanaghi, K. & Makui, A. (2016). Joint optimisation of price, warranty and recovery planning in remanufacturing of used products under linear and non-linear demand, return and cost functions. *International Journal of Systems Science*, 47(5), 1155-1175.