Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 12, Issue 1, No. 24, Spring 2021
http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.121769.1301

(Research Paper)

Equilibrium pricing in a three-level supply chain

Dariush Mohamadi zanjirani *
Department of Management, University of Isfahan, Isfahan, Iran, d.mohamadi@ase.ui.ac.ir
Sajad Allami
Department of Management, University of Isfahan, Isfahan, Iran, sajad.allami9131@yahoo.com

Purpose: Proper pricing of products or services can have a significant impact on corporate earnings. Therefore, this study aims to address the optimization of price and production quantity to maximize the total profit using game theory in the coffee supply chain (composed of suppliers, retailers and customers) in Isfahan city.

Design/methodology/approach: The applied model focuses on competition among members of the chain in probabilistic space. It is based on discrete selection models in which the impact of inventory costs and routing is analyzed on the pricing model simultaneously. In this model, competition between coffee importers (because coffee is not produced in the country) is studied in the probable space. Due to complexity in computation, it could not solve problems with a large number of customers. Therefore, the approximation of the binomial distribution by the normal distribution is used, an approximate model is proposed. Finally, the equilibrium point is determined by solving a system of nonlinear equations using the Newton method.

Findings: The maximum profit in non-cooperative game conditions is achievable based on the appropriate demand function. Finally, the equilibrium price was calculated. Findings indicated that the computational time of the approximate model did not change with increasing the number of customers, and the model can determine the optimal price and production quantity. The model results implied that the time of solving the approximate model used did not change with the increasing number of customers, and the model was able to determine the optimal quantity and price.
Practical implications - In the present study, the equilibrium behaviour of suppliers, retailers and customers in a two-tier supply chain of the coffee supply and distribution industry was investigated in

* Corresponding author
2423-6950 / © 2021
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/))

Isfahan city. A price competition model was proposed, and ten active companies were studied in the Isfahan market. Moreover, the computational speed diagram indicated that the computational time in the original function increased with increasing the number of customers, but this time in the approximation function did not react to the increase in the number of customers and remained constant.

Social implications: In the proposed model of the present study, competition among coffee suppliers was investigated in a probabilistic environment in which retailers acted as intermediaries and had no effect on pricing. Holding and shortage costs were also taken into account. Also, routing costs were approximated using the proposed Himovich model. Then, a pricing model was proposed. The proposed model could not solve problems with a large number of customers due to complexity in computation.

Originality/value: The advantage of the proposed model over basic models is in considering the inventory costs, which has not been considered yet in price competition models based on discrete selection models. Another significant feature of the price competition problem is the type of demand function. In this paper, to study a competitive model, a stochastic demand function was developed based on the logit model. The advantage of the introduced demand function is that it considers shortage and inventory holding costs in a one-period model. Also, in the game theory studies, usually with the increasing number of customers, the model is computationally complicated and less effective to solve real-world problems. For this reason, in this study, the normal distribution approximation was used instead of the binomial distribution.

Keywords: Price competition, Equilibrium pricing, Coffee supply chain, Discrete selection models, Game theory

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۲، شماره ۱، پیاپی ۲۴، بهار ۱۴۰۰
دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۲ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۸ ص ۱۲۵-۱۴۵
http://dx.doi.org/10.22108/jpom.2021.121769.1301

(مقالهٔ پژوهشی)

قیمت‌گذاری تعادلی در یک زنجیره تأمین سه‌سطحی

داریوش محمدی زنجیرانی*[۱]، سجاد علامی[۲]

۱- دانشیار مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران، d.mohamadi@ase.ui.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران، sajad.allami9131@yahoo.com

چکیده: در دنیای امروز و در عرصهٔ فعالیت‌های اقتصادی، یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در سرنوشت شرکت‌ها و سازمان‌ها، رقابت است. در بیشتر موارد، رقابت شرکت‌ها برای تصاحب سهم بازار، به شکل رقابت در قیمت پدیدار می‌شود و قیمت‌گذاری مناسب محصولات و خدمات، تأثیر زیادی بر درآمد شرکت‌ها دارد و تعیین قیمت بهینه نیز سبب ایجاد هماهنگی و تعادل در بین اعضای حاضر در زنجیره تأمین می‌شود و درنهایت، کل زنجیره به بیشترین مقدار سود دست می‌یابد. در سال‌های اخیر نیز پژوهشگران به استفاده از مدل‌های انتخاب گسسته برای استخراج تابع تقاضا در مدل‌های رقابت قیمت توجه زیادی کرده اند. در مطالعهٔ حاضر و در بررسی موردی از زنجیره تأمین و فرآوری قهوه، یکی از شرکت های داخل کشور برای یافتن مناسب‌ترین مقادیر قیمت و حجم تولید برای حداکثرسازی سود و با کاربرد نظریهٔ بازی‌ها بررسی شده است. این مطالعه ازنظر هدف، کاربردی و به‌لحاظ روش جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی- تحلیلی است. به همین ترتیب، مدل استفاده‌شده، بر رقابت در بین اعضای این زنجیره در فضایی احتمالی تمرکز داشته و بر مبنای مدل‌های انتخاب گسسته پایه‌ریزی شده و در آن، تأثیر هزینه‌های موجودی و مسیریابی در مدل تعیین قیمت، بررسی همزمان شده است. علاوه بر این، برای حل مدل طراحی‌شده نیز از تقریب توزیع نرمال به جای توزیع دوجمله‌ای استفاده شده است. نتایج مدل نشان می‌دهد زمان حل در مدل تقریبی مورد استفاده، با افزایش تعداد مشتریان، تغییری ندارد و مدل، میزان تولید و قیمت بهینه را مشخص می‌کند. مزیت مدل پیشنهادی نسبت به سایر مدل‌های کلاسیک، لحاظ‌کردن هم‌زمان هزینه‌های مسیریابی، کمبود و ذخیرهٔ موجودی‌هاست که کاربرد آن در آن دسته از مدل‌های رقابت قیمت که برپایهٔ مدل‌های انتخاب گسسته استوار است، نادر است.

واژه‌های کلیدی: رقابت قیمت، قیمت‌گذاری تعادلی، زنجیره تأمین قهوه، مدل‌های انتخاب گسسته، نظریهٔ بازی‌ها

* نویسنده مسئول

2423-6950 / © 2021
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

یک زنجیره تأمین شامل شبکه‌ای از تسهیلات و تجهیزات است که وظیفهٔ تهیه و تدارک مواد، دگرگونی این مواد در محصولات میانی و انتهایی و توزیع و تحویل محصولات نهایی به مشتریان را به عهده دارد. مدیریت زنجیره تأمین نیز یک نگرش راهبردی مدیریت است که با بهبود مستمر شبکه‌های تأمین یکپارچه‌شده با فنّاوری‌های اطلاعاتی و تقویت عملیات اجرایی سرآمد سروکار دارد و به کمک فنّاوری‌های دیجیتال، ارائهٔ بی‌درنگ خدمات و محصولات، در دسترس‌گذاری اطلاعات حیاتی بازار و نیز قابلیت‌های لجستیکی زیاد در ارسال به‌موقع سفارش‌های مشتریان، حس ارزشمند برد - برد را برای مشتری در کمترین هزینهٔ ممکن به ارمغان می‌آورد. (گیاناکیس و همکاران، ۲۰۱۵). در اقتصاد متکی بر بازار، شرکت‌های حاضر، همواره برای جذب مشتری در رقابت هستند، رفتار یکدیگر را رصد و راهبردهای مختلفی را برای کسب موفقیت اتخاذ و دنبال می‌کنند. همگام با این کوشش‌ها، درنتیجهٔ تشدید رقابت و افزایش سطح انتظارات مشتریان، اعضای زنجیره تأمین نیز برای ادامهٔ حیات خود، چاره‌ای جز ارتقای توان رقابتی ندارند.

به‌طور کلی، رقابت در یک زنجیره تأمین با تمرکز با تکیه بر ابزارهایی انجام می‌شود که منافع اعضای زنجیره تأمین را تضمین کند. این ابزارها نیز دراصطلاح، پارامترهای رقابتی اعضای زنجیره نام دارد. با فرض ثبات در فنّاوری تولید، رقابت شرکت‌های موجود در یک زنجیره تأمین (غیریکپارچه) برای افزایش سهم بازار و به دنبال آن، دستیابی به بیشترین سود، در قیمت‌گذاری اقلام و خدمات پدیدار می‌شود (هوانگ، ۲۰۱۹). با توجه به پویایی عوامل مؤثر بر تصمیم‌های اتخاذشده در یک بازار رقابتی، تعیین قیمتی که به تغییر در استراتژی عوامل درگیر، پایداری بیشتری از خود نشان دهد، اهمیت زیادی دارد. در نظریهٔ بازی‌ها، این پایداری، نقطهٔ تعادل مسئله نامیده می‌شود و اهمیت ویژه‌ای دارد. چارچوب نظری مطالعهٔ حاضر، مشتمل بر مطالعاتی است که در زمینه‌هایی مانند قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین، مدل‌های انتخاب گسسته، مدل‌های مسیریابی، حمل‌ونقل و مدیریت موجودی انجام شده است. با مرور مبانی نظری موضوع نیز مشخص می‌شود مدل‌های گوناگونی در زمینهٔ دستیابی به نقطهٔ تعادل مورد اشاره، با فرضیه‌هایی همچون توابع تقاضای خطی و غیرخطی، پنجره‌های زمانی ثابت و متغیر، فضای تصمیم احتمالی و فازی و تک یا چنددوره‌ای بودن مدل‌ها ارائه شده است؛ ولی در هیچ‌کدام از آنها، برای تعیین قیمت، به هزینه‌های مسیریابی، کمبود و نگهداری کالا، به‌طور هم‌زمان توجه نشده است؛ در حالی که این هزینه‌ها، در تعیین قیمت تعادلی، نقشی اساسی دارد (کلهو و همکاران، ۲۰۱۳)؛ بنابراین، در پژوهش حاضر، دربارهٔ این هزینه‌ها در حالت غیرهمکارانه، در بین اعضای زنجیره بحث و تأثیر آنها بر قیمت محاسبه‌شده بررسی می‌شود.

همچنین، در سال‌های اخیر، پژوهشگران به استفاده از مدل‌های انتخاب گسسته برای استخراج تابع تقاضا در مدل‌های رقابت قیمت، توجه زیادی کرده‌اند و یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مسئلهٔ رقابت قیمت، نوع تابع تقاضای به کار رفته است. مزیت تابع تقاضای پیشنهادی در مطالعهٔ حاضر در مقایسه با پژوهش‌های مشابه در این است که با استفاده از آن، هزینه‌های کمبود و نگهداری موجودی را در یک مدل تک‌دوره‌ای و در زنجیره تأمین و فرآوری برندهای وارداتی قهوه در شهر اصفهان می‌توان در نظر گرفت. علت انتخاب جامعهٔ آماری پژوهش، دسترسی پژوهشگر (مدیر یکی از شرکت‌های فرآوری قهوه) به اطلاعات و داده‌های مربوط به تعداد مشتریان در هر یک از خرده‌فروشی‌ها، هزینه‌های تولید، نگهداری و کمبود هر واحد از محصول، حجم تولید در شرکت‌های تولیدکننده

(فرآور)، سهم هر شرکت در بازار (یا احتمال انتخاب کالای هر شرکت)، حجم تقاضا برای محصول هر شرکت در هر خرده‌فروشی، هزینهٔ مسیریابی (هزینه‌های حمل‌ونقل کالا در زنجیره تأمین برای رساندن کالا به مصرف‌کننده) و بالاخره هزینه‌های تولید (مجموع هزینه‌های فضای تولید، مواد اولیه، نیروی انسانی و انرژی) در قلمرو زمانی پژوهش بوده است.

در مطالعات پیشین و کلاسیک، فرض شده است میزان تولید به‌طور دقیق، برابر با میزان سفارش است (سیستم تولید سفارشی) که این مورد از تطبیق مدل با واقعیت می‌کاهد. در پژوهش‌های مشابه و پیشین، ابعاد مدل‌هایی که در نظریهٔ بازی‌ها به کار رفته است، معمولاً با افزایش تعداد مشتریان، بسیار پیچیده شده است، محاسباتی وقت‌گیر دارد و حل آن مقرون به صرفه نیست؛ به همین علت، مدل‌ها بیشتر به‌صورت شماتیک حل شد و قابلیت‌های کاربردی محدودتری در دنیای واقع داشت؛ بنابراین، برای برطرف‌سازی این مشکل و با استفاده از توزیع دوجمله‌ای، یک مدل برای تقریب توزیع نرمال نیز ارائه و نشان داده می‌شود که افزایش تعداد مشتریان (برخلاف مطالعات مشابه)، تأثیری بر زمان حل مدل نخواهد داشت.

۲- ارکان اصلی پژوهش

همانگونه که بیان شد، مسئلهٔ اصلی در پژوهش حاضر، تعیین قیمت تعادلی در یک زنجیره تأمین دومرحله‌ای در حضور هزینه‌های مسیریابی و موجودی کالا و تعیین مقدار بهینهٔ تولید برای دستیابی به بیشترین سود در یک بازار رقابتی است. چارچوب نظری در این حوزهٔ پژوهشی، پیوستاری از رویکردها یا استراتژی‌های مختلف مورد استفاده در مدل‌سازی زنجیره‌های تأمین غیرمتمرکز، کاربرد نظریهٔ بازی و درنهایت، مطالعات پایداری را دربرمی‌گیرد. ازجمله مهم‌ترین مطالعات مرتبط با این حوزه به موارد ذیل می‌توان اشاره کرد:

کیانفر و همکاران (۱۳۹۸) به تعیین قیمت‌های بهینهٔ عمده‌فروشی و نهایی کتاب‌های چاپی و الکترونیک، تعیین و مقایسهٔ سود نهایی اجزای زنجیره تأمین کتاب و بررسی مقادیر بهینهٔ تقاضا در کانال‌های دوگانه توجه کردند. مظفری (۱۳۹۸) هماهنگی تصمیمات قیمت‌گذاری و تبلیغات همکارانه را در یک زنجیره تأمین دو رده‌ای بررسی کرد. در این پژوهش از رویکرد نظریهٔ بازی‌ها برای مدل‌سازی و حل هم‌زمان متغیرهای قیمت، مقدار سفارش اقتصادی، هزینهٔ تبلیغات خرده‌فروش و سازنده در نقطهٔ تعادل بازی بهره گرفته شده است. نتایج نشان داد در بازی همکارانه، نسبت به زنجیرهٔ نامتمرکز، افزایش هزینهٔ تبلیغات به زنجیره تحمیل می‌شود؛ اما به افزایش سود و افزایش رضایت مشتری منجر می‌شود که این امر به معنای یک سیستم تصمیم‌گیری برد- برد برای مدیران و مشتریان زنجیره است. سینایی و همکاران (۱۳۹۷) نیز زنجیره تأمینی شامل یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش را در نظر گرفتند و سیاست‌های قیمت گذاری بهینه و تعیین درجه سبز بهینه در دو حالت متمرکز و غیرمتمرکز را بررسی کردند. طالعی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) با طراحی قرارداد تخفیف مقداری، تابع سود سازمان‌ها را مطالعه کردند. محمدنژاد و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی، مسئلهٔ قیمت‌گذاری محصول را در یک زنجیره تأمین حلقه بستهٔ چنددوره‌ای چندمحصولی با تقاضای وابسته به قیمت بررسی کردند.

در پژوهش‌های خارجی نیز لی‌آ و همکاران (۲۰۲۰) مدل‌های قیمت‌گذاری متمرکز و غیرمتمرکز را در یک زنجیره تأمین حلقه بسته با هدف کشف قیمت و سود مطلوب برای هر یک از اعضای این زنجیره در ساختارهای

مختلف قدرت پایه‌ریزی کردند. در مدل‌های بازی استکلبرگ مورد استفاده، تأثیرات متقابل سه پارامتر اصلی با نام نرخ جمع‌آوری، ضریب کشش قیمتی و درجهٔ کیفیت محصولات بررسی و تحلیل شد. لائو و همکاران (۲۰۱۹) برای مدل‌سازی تصمیمات قیمت‌گذاری در یک زنجیره تأمین غیرمتمرکز، سناریوهای مختلفی را با به‌کارگیری سیاست‌های مربوط به بازی‌های اسنکلبرگ بررسی و تحلیل کردند.

طالعی‌زاده و همکاران[۱] (۲۰۱۸)، استراتژی‌های قیمت‌گذاری و تصمیم‌گیری دربارهٔ کیفیت و کوشش تولیدکننده و خرده‌فروش را بررسی کردند که در دو نوع زنجیره تأمین حلقه بسته فعالیت می‌کردند یانگ و همکاران[۲] (۲۰۱۷) نیز برای ارتقا و توسعهٔ زنجیره تأمین سبز، براساس سناریوی رهبری کانال، سه مدل بازی از یک زنجیره تأمین سبز را با مداخلات دولتی تحت شرایط عدم قطعیت‌های فازی از هر دو هزینهٔ تولید و تقاضای مصرف‌کننده توسعه داده‌اند. لی و همکاران[۳] (۲۰۱۶) در پژوهش خود، یک زنجیره تأمین دو کاناله را در نظر گرفته‌اند که در آن، تولیدکننده، محصولات سبز را برای حفظ محیط زیست تولید می‌کند و هدف مطالعه، قیمت‌گذاری با حفظ استراتژی‌های سبز برای اعضای زنجیره‌ای در هر دو حالت متمرکز و غیرمتمرکز با استفاده از مدل بازی استکلبرگ است. جناهیما[۴] (۲۰۱۶) نیز قیمت‌گذاری در بازار تجهیزات تهویهٔ مطبوع در فصول مختلف را با یک تابع تقاضای متمرکز بررسی کرد و تحلیل‌های مربوط با تکنیک نظریهٔ بازی‌ها انجام شد.

همانگونه که ملاحظه شد، در مدل‌های مورد بررسی، معمولاً به‌طور مستقل و فقط در حضور یکی از متغیرهای مسیریابی یا موجودی به تعیین قیمت و میزان تولید بهینه توجه شده است. در پژوهش حاضر، فرض بر این است که شرکای موجود در زنجیره تأمین مورد بررسی، کالایی یکسان را در بازار، عرضه و کالا را نیز مشتریان براساس مدل لاجیت انتخاب کردند. همچنین، خرده‌فروش‌ها در این زنجیره، نقش مستقیمی ندارند و فقط تقاضای مشتریان را به تولیدکننده انتقال می‌دهند. در این حالت، تأمین‌کنندگان، میزان تولید خود را با یک تابع تقاضای تصادفی تعیین می‌کنند؛ بنابراین، مدل پیشنهادی، یک مدل احتمالی تک‌دوره‌ای و هدف آن، تعیین قیمت تعادلی و میزان تولید متناظر برای هر تولیدکننده است. به‌علت افزایش پیچیدگی در مدل، اندک مطالعاتی، هم‌زمان دو موضوع هزینه‌های مسیریابی و موجودی را در نظر گرفته‌اند که در این پژوهش بدان توجه می‌شود و با استفاده از نظریهٔ بازی‌ها مسئلهٔ رقابت قیمت در بین تولیدکنندگان مدل‌سازی و تحلیل می‌شود. همچنین، برای تضمین حل‌پذیری آن با افزایش پارامتر تعداد مشتریان در کاربردهای واقعی، مدلی تقریبی، پیشنهاد شده است که دقت و سرعت قابل قبولی دارد. درادامه، مفاهیم لازم و روش پیشنهادی پژوهش حاضر، ارائه و درنهایت، برای ترسیم کاربردهای واقعی این مدل، زنجیره تأمین و فرآوری قهوه در سطح شهر اصفهان بررسی شده است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

نظریهٔ بازی‌ها، در تعریفی کلی، مجموعه‌ای از ابزارهای تحلیلی است که به درک پدیده‌ها کمک می‌کند. هر تصمیم‌گیرنده‌ای در نظریهٔ بازی‌ها می‌داند که تصمیم او بر سایر تصمیم‌گیرندگان تأثیر می‌گذارد (راسموسن[۵]، ۱۹۹۴)؛ به عبارت دیگر، در نظریهٔ بازی‌ها، تصمیم‌گیرندگان، فعل و انفعالات و آثار متقابلی بر یکدیگر دارند و در مطالعهٔ این مسائل، توجه به این دو فرض ضروری است. ازجمله عناصر اساسی در یک بازی، «بازیکنان»، «استراتژی‌ها»، «تابع سود یا مطلوبیت» و «اطلاعات» است. تمامی این عناصر به‌عنوان قواعد بازی شناخته می‌شود.

هدف طراح مسئله نیز توصیف وضعیت معینی در حوزهٔ قواعد بازی است؛ به‌گونه‌ای که نشان دهد در این وضعیت، چه اتفاقی رخ می‌دهد.

تفاوت یک مسئله مربوط به نظریهٔ بازی با سایر مسائل تصمیم‌گیری در این است که در اینگونه مسائل، تابع مطلوبیت هر بازیکن، علاوه بر استراتژی او به استراتژی سایر بازیکنان نیز وابسته است؛ بنابراین، آنچه در این نوع مسائل مهم است، یافتن نقطهٔ تعادل در بازی مد نظر است؛ یعنی هیچ یک از بازیکنان به تغییر استراتژی خود تمایل نداشته باشند. در این نقطه، استراتژی هر بازیکن، بهترین پاسخ به استراتژی‌های سایر بازیکنان است. رابطهٔ ریاضی مربوط به این نقطه را اولین بار، جان فاربس نش[۶](۱۹۵۰) مطرح کرد. البته این مفهوم در بازی را نخستین بار، کورنو در سال ۱۸۳۸ به کار برد.

مدل‌های رقابت قیمت در نظریهٔ بازی‌ها با نام «رقابت برتراند» شناخته می‌شود که در آنها، قیمت به‌عنوان یک متغیر تصمیم در مسئلهٔ مد نظر وارد می‌شود (مظفری، ۲۰۱۹). چارچوب رقابت برتراند در مطالعهٔ حاضر به این شرح است که در آن، n تولیدکننده وجود دارند که اقلامی متمایز و دارای قابلیت جایگزینی تولید می‌کنند و برای بیشینه‌کردن سودآوری خود در رقابت با یکدیگر هستند. در مدل برتراند فرض می‌شود کالاهای شرکت‌های رقیب به‌طور دقیق مشابه است که البته خود، فرض محدودکننده‌ای است؛ زیرا کالاها، حداقل ازنظر مشتری متفاوت است. منظور از محصولات دارای قابلیت جایگزینی و متمایزبودن، کالاهایی است که یک نوع از نیاز مشتری را برطرف می‌کند و می‌تواند ازلحاظ کیفیت، متفاوت باشد (گالگو، ۲۰۱۴). تابع سودی نیز که معمولاً برای هر شرکت در نظر گرفته می‌شود، یک تابع بیشینه‌سازی است و برابر با درآمد حاصل از فروش کالاها منهای هزینه‌های ناشی از تولید، ذخیرهٔ موجودی، مسیریابی و حمل‌ونقل است. نمایش ریاضی یک مسئلهٔ رقابت قیمت در حالت کلی به شکل ذیل است:

$$\pi_i = p_i d_i(P) - C_i(d_i(P)) \qquad (۱)$$

در رابطهٔ شمارهٔ ۱، متغیر p_i قیمت انتخاب‌شده توسط شرکت iام، C_i تابع هزینهٔ شرکت iام و $d_i(P)$ میزان تقاضا برای شرکت iام است و P بردار قیمت در همهٔ شرکت‌هاست که $P = (p_1, p_2, \dots, p_n) = (p_i, P_{-i})$ و P_{-i} بردار قیمت رقبای شرکت i است و به شکل ذیل تعریف می‌شود:

$$P_{-i} = (p_1, \dots, p_{i-1}, p_{i+1}, \dots, p_n) \qquad (۲)$$

توجه شود که در رابطهٔ شمارهٔ ۲، تقاضا برای هر شرکت، تابعی از بردار قیمت P و هزینه نیز تابعی از تقاضاست. مسائل قیمت‌گذاری یا رقابت قیمت، دو جزء اصلی با نام تابع تقاضا[۷] و تابع هزینه[۸] دارد.

تابع تقاضا به‌طور عمده، به‌عنوان تابعی از قیمت در نظر گرفته می‌شود و رابطهٔ آن با قیمت نیز به‌طور عمومی، نزولی است. ساده‌ترین تابعی که به‌عنوان تابع تقاضا می‌توان در نظر گرفت، یک تابع خطی با شیب منفی است. توابع تقاضای رایجی که در بیشتر مسائل رقابت قیمت استفاده شده است، عبارت است از تابع جذابیت، تابع لاجیت، تابع مخارج ثابت، تابع کشش ثابت و تابع خطی (گالگو[۹]، ۲۰۱۴).

همانگونه که گفته شد، مدل‌های انتخاب گسسته مربوط به مسائلی است که در یک فضای احتمالی مطرح است؛ از همین‌رو، در مطالعهٔ حاضر نیز فرض شده است که تقاضای مشتریان از توابع توزیع احتمال پیروی می‌کند. با توجه به نظریهٔ بازی‌های ایستا و کاربرد آن در یافتن نقطهٔ تعادل، از بحث نظریهٔ بازی‌ها برای دستیابی به این منظور استفاده می‌شود.

برای ایجاد تابع تقاضا از مدل‌های دارای توزیع گسسته[۱۰] یا پیوسته می‌توان استفاده کرد. یکی از موضوعات مهم در ایجاد تابع تقاضا، نوع شکل‌گیری آن است. در مدل‌های پیوسته، متغیر وابسته در مدل پیوسته است؛ بنابراین، تعداد خروجی‌های ممکن در اینگونه مدل‌ها، نامحدود است. در مدل‌های گسسته، مجموعه‌ای از گزینه‌های مجزا برای تصمیم‌گیرنده وجود دارد و تصمیم‌گیرنده نیز به جای پاسخ به پرسش «چه مقدار»، باید پاسخگوی پرسش «کدام یک» باشد. در یک بازار رقابتی، تقاضا تابعی از قیمت در تمام شرکت‌هاست و ازجمله مدل‌هایی که در چنین شرایطی به‌خوبی، رفتار مشتریان را نشان می‌دهد، مدل‌های انتخاب گسسته است.

به مجموعه گزینه‌های قابل انتخاب نیز دراصطلاح، «مجموعه انتخاب» گفته می‌شود. مجموعه انتخاب باید جامع، محدود و گزینه‌های آن، قابل شمارش باشد.

در این پژوهش، از مدل انتخاب گسستهٔ لاجیت به‌عنوان تابع تقاضا استفاده می‌شود که احتمال انتخاب گزینهٔ j توسط تصمیم‌گیرندهٔ m به‌صورت ذیل است:

$$P_{mj} = \frac{e^{V_{mj}}}{\sum_j e^{V_{mj}}} \qquad (۳)$$

گفتنی است از آنجا که در مطالعهٔ حاضر، گزینهٔ انتخاب‌نکردن هیچ کدام از گزینه‌ها نیز مطرح است، رابطهٔ شمارهٔ ۳ به‌صورت رابطهٔ شمارهٔ ۴ تغییر می‌یابد (گالگو، ۲۰۱۴):

$$P_{mi} = \frac{e^{V_{mj}}}{1 + \sum_j e^{V_{mj}}} \qquad (۴)$$

باید توجه داشت در مدل لاجیت، انتخاب‌های ممکن در یک دورهٔ زمانی، مستقل از یکدیگر است. مدل‌های دیگری مانند مدل ارزش نهایی تعمیم‌یافته[۱۱]، مدل لاجیت آشیانه‌ای[۱۲] و مدل لاجیت مختلط[۱۳] نیز توسعه یافته است که در قلمرو فرضیات مطالعهٔ حاضر نیست. در یک مدل ساده، مطلوبیت مشتری mام از کالای شرکت iام را به‌صورت رابطهٔ ذیل می‌توان در نظر گرفت:

$$V_{mi} = \beta_i(x_i) + \alpha p_i = a_i + \alpha p_i \qquad (۵)$$

در رابطهٔ شمارهٔ ۵، p_i قیمت محصول شرکت iام، α پارامتر حساسیت قیمت و x_i بردار مشخصه‌های غیرقیمتی[۱۴] محصول شرکت iام است و همچنین، β_i تابعی از این مشخصه‌ها و برابر مقدار ثابت a_i است که عددی کوچک‌تر از صفر است؛ بنابراین، به‌جز قیمت، عوامل دیگری ازجمله مشخصه‌های برند محصول، کیفیت، تبلیغات و خدمات پس از فروش در این مدل، در مقدار ثابت a_i نهفته است؛ یعنی به تغییرات این موارد در مدل و تأثیرات

آنها بر قیمت نیز توجه نمی‌شو؛ بنابراین، با توجه به روابط شمارهٔ ۴ و ۵، احتمال انتخاب کالای شرکت iام توسط مشتری دلخواه را به‌صورت ذیل می‌توان تعریف کرد:

$$s_i = \frac{e^{a_i+\alpha p_i}}{1+\sum_{j=1}^{n} e^{a_j+\alpha p_j}} \qquad (۶)$$

در مدل لاجیت، هر مشتری، حداکثر یک کالا را برمی‌گزیند و مشتری‌ها، کالاها را مستقل از یکدیگر انتخاب می‌کنند. با توجه به این دو فرض اساسی، احتمال اینکه تقاضا برای شرکت iام (D_i)، عددی مانند $d(0 \le d \le M)$ باشد، از یک توزیع دوجمله‌ای با پارامترهای (M, s_i) پیروی می‌کند و با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ (۷) به دست می‌آید.

$$Prob(D_i = d) = \binom{M}{d}(s_i)^d(1-s_i)^{M-d} \qquad (۷)$$

تابع هزینه، به‌طور عمومی تابعی از تقاضای محصول است و ساده‌ترین نوع آن را یک تابع خطی از تقاضا می‌توان در نظر گرفت؛ یعنی فرض کرد به‌ازای هر واحد تقاضا، میزان هزینهٔ ثابتی به شرکت تحمیل می‌شود (گالگو، ۲۰۱۴). تابع هزینه‌ای که در این مطالعه استفاده شده است، تابعی از هزینه‌های تولید، مسیریابی و موجودی است. هزینهٔ موجودی نیز شامل هزینه‌های نگهداری کالا و کمبود آن است. اگر y_i، میزان تولید تأمین‌کنندهٔ iام باشد، با توجه به اینکه تقاضا از توزیع احتمال پیروی می‌کند، حالت‌های ذیل امکان‌پذیر است:

اگر میزان تقاضا در تأمین‌کنندهٔ iام از میزان تولید آن کمتر باشد و h_i میزان هزینهٔ نگهداری به‌ازای یک واحد موجودی باشد، آنگاه $H_i = h_i(y_i - d)$ هزینهٔ نگهداری تأمین‌کنندهٔ iام است. همچنین، اگر میزان تقاضا در تأمین‌کنندهٔ iام از میزان تولید آن بیشتر باشد و b_i میزان هزینهٔ کمبود موجودی به‌ازای یک واحد کالا باشد، آنگاه $B_i = b_i(d - y_i)$ هزینهٔ کمبود تأمین‌کنندهٔ iام است؛ بنابراین، تابع سود شرکت iام (π_i) را به‌صورت ذیل می‌توان در نظر گرفت:

$$\begin{aligned}&\pi_i(P, y_i) = \pi_i((p_i, P_{-i}), y_i)\\ &= \sum_{d=0}^{y_i-1}(p_i d - h_i(y_i - d))\binom{M}{d}(s_i)^d(1-s_i)^{M-d}\\ &+ \sum_{d=y_i}^{M}(p_i y_i - b_i(d - y_i))\binom{M}{d}(s_i)^d(1-s_i)^{M-d} - c_i y_i - VRP_i(P)\end{aligned} \qquad (۸)$$

در عبارت شمارهٔ ۸، هزینهٔ مسیریابی شرکت iام با $VRP_i(P)$ نشان داده شده است که با تقریب هزینهٔ مسیریابی شرکت iام براساس تابع تقاضا با استفاده از رابطهٔ ذیل محاسبه می‌شود:

$$VRP_i(P) = \frac{2}{Q}\sum_{j=1}^{k} L_{ij} M_j s_i + (1 - \frac{1}{Q})T_i^* \qquad (۹)$$

در عبارت شمارهٔ ۹، L_{ij} هزینهٔ حمل از شرکت iام به خرده‌فروشی jام است. همچنین، Q ظرفیت وسایل نقلیه، k تعداد خرده‌فروشی‌ها و T_i^* هزینهٔ بهینهٔ حاصل از حل مسئلهٔ فروشندهٔ دوره‌گرد است؛ بنابراین:

$$v_i = \frac{2}{Q}\sum_{j=1}^{k} L_{ij}M_j \qquad (۱۰)$$

همانگونه که ملاحظه می‌شود، قیمت همهٔ تولیدکنندگان در تعیین سود هر یک از تولیدکننده‌ها، مؤثر است؛ بنابراین، در این وضعیت، نظریهٔ بازی‌ها مطرح می‌شود و مسئلهٔ اصلی، یافتن نقطهٔ تعادل بازی است؛ درجایی که هیچ‌یک از تولیدکنندگان (بازیکنان)، انگیزهٔ تغییر استراتژی انتخاب‌شده را نداشته باشد. در تابع سود هر بازیکن، قیمت و میزان تولید متناظر با آن بازیکن، متغیر و قیمت پیشنهادی سایر بازیکنان، پارامترهایی ثابت است. هر بازیکن، بهترین میزان قیمت و مقدار تولید خود را متناظر با تصمیم (قیمت) دیگران، مشخص می‌کند که به آن، تناظر بهترین پاسخ[15] گفته می‌شود (سینایی، ۲۰۱۸). بهترین پاسخ بازیکن iام ازطریق برابر صفر قراردادن مشتق جزئی تابع سود نسبت به متغیر قیمت خود (p_i) حاصل می‌شود که در رابطهٔ شمارهٔ ۱۱ نشان داده شده است.

$$\frac{\partial \pi_i(P,y_i)}{\partial p_i} = \sum_{d=0}^{y_i-1}\begin{bmatrix} d\binom{M}{d}(s_i)^d(1-s_i)^{M-d} + \\ (p_i d - h_i(y_i-d))\alpha\binom{M}{d}(s_i)^d(1-s_i)^{M-d}(d-Ms_i)\end{bmatrix} \qquad (۱۱)$$
$$+\sum_{d=y_i}^{M}\begin{bmatrix} y_i\binom{M}{d}(s_i)^d(1-s_i)^{M-d} + \\ (p_i y_i - b_i(d-y_i))\alpha\binom{M}{d}(s_i)^d(1-s_i)^{M-d}(d-Ms_i)\end{bmatrix} - \alpha v_i s_i(1-s_i)$$

باید توجه داشت در رابطهٔ شمارهٔ ۱۱، متغیر y_i گسسته و مشتق جزئی تابع برحسب y_i بی‌معناست؛ بنابراین، یافتن میزان تولید بهینه، دراساس، مسئلهٔ غیرخطی عدد صحیح است و رابطه‌ای که برای شرکت iام ایجاد می‌شود نیز یک مسئلهٔ بهینه‌سازی دومتغیره (p_i, y_i) است. در صورتی که به‌ازای هر بازیکن $i = 1,2,\dots,n$ رابطهٔ شمارهٔ ۱۱ برابر صفر قرار داده شود، یک دستگاه معادلات تشکیل می‌شود که نقطهٔ تعادل بازی را تعیین می‌کند. این معادلات، حتی با فرض ثابت‌بودن متغیر y_i نیز پیچیدگی‌های زیادی دارد و حل آن در حالت کلی غیرممکن است. روش مورد استفاده در پژوهش حاضر، شامل استفاده از توزیع نرمال برای تقریب توزیع دوجمله‌ای است که به‌صورت قضیهٔ شمارهٔ ۱ بیان شده است.

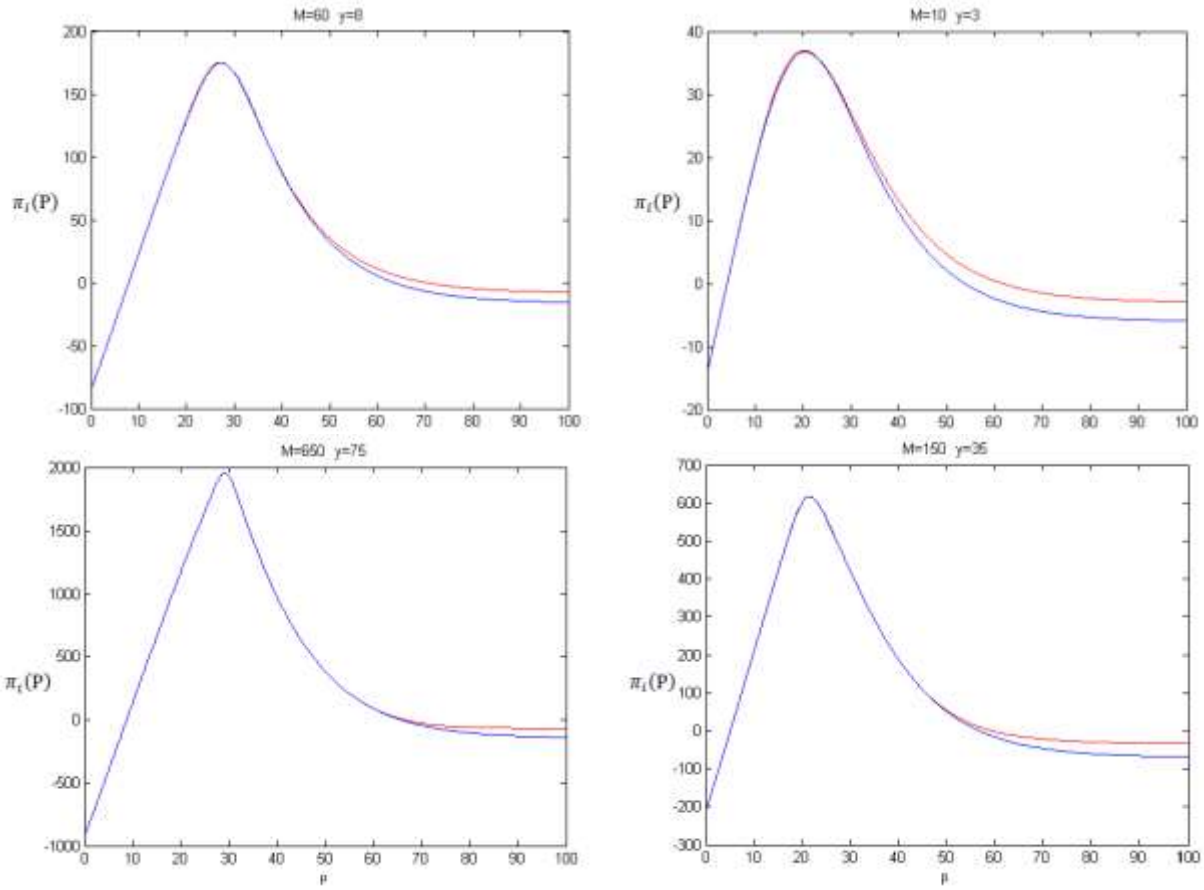
قضیهٔ ۱: قضیهٔ لاپلاس دموآور (فلر[16]، ۱۹۶۸): برای nهای بزرگ از رابطهٔ ذیل می‌توان استفاده کرد:

$$\binom{n}{k}p^k q^{n-k} \cong \frac{1}{\sqrt{2\pi pq}}e^{\frac{-(k-np)^2}{2npq}} \;;\; p+q=1 \;;\; p,q>0 \qquad (۱۲)$$

براساس قضیهٔ ۱۲، با تغییر متغیر $k_i = \frac{y_i - Ms_i}{\sqrt{Ms_i(1-s_i)}}$، رابطهٔ شمارهٔ ۱۳، تقریبی از تابع سود شرکت iام است که در آن، زوج (P, k_i) به‌جای زوج (P, y_i) متغیرهای تصمیم مسئله است.

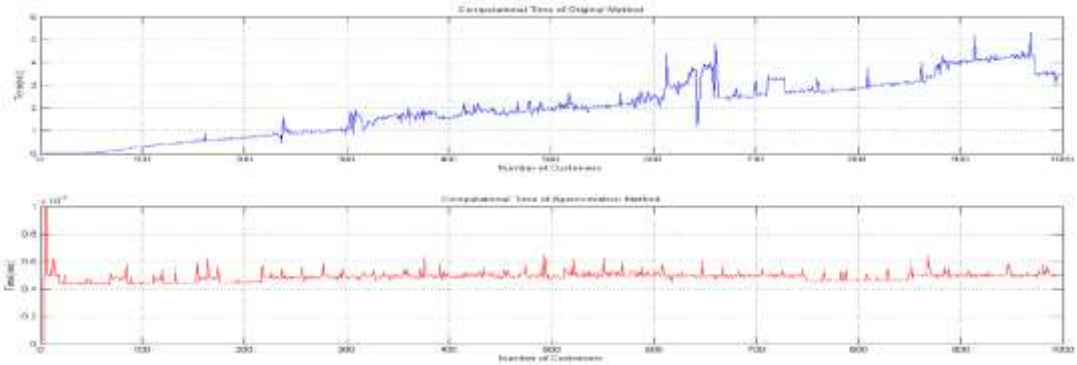
$$\pi_i(P) = \pi_i(p_i, P_{-i}) \cong p_i M s_i - h_i k_i \sigma_i + (p_i + b_i + h_i)(k_i \sigma_i) \int_{k_i}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}Z_i^2} dZ_i + (p_i + b_i + h_i)(-\sigma_i) \int_{k_i}^{\infty} Z_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}Z_i^2} dZ_i - c_i(M s_i + k_i \sigma_i) - v_i s_i - (1 - \frac{1}{Q}) T_i^* \quad (۱۳)$$

مزیت رابطهٔ شمارهٔ ۱۳ این است که این تقریب با افزایش تعداد مشتریان بالقوه نیز با دقت مقبولی عمل می‌کند. همچنین، به‌کارگیری این تقریب برای دستیابی به نقطهٔ تعادل، بسیار سریع‌تر عمل می‌کند. شکل شمارهٔ ۱، عملکرد نمودارهای توابع اصلی و تقریبی را به‌ازای تعداد متفاوتی از مشتریان نشان می‌دهد.



شکل ۱- نمودارهای توابع اصلی و تقریب برای مقایسهٔ مقادیر توابع به‌ازای مقادیر مختلف تعداد مشتریان و تعداد تولید

در شکل شمارهٔ ۱، روند رو به کاهش فاصلهٔ دو مدل دقیق و تقریبی درنتیجهٔ افزایش تعداد مشتریان و مقدار تولید، نشان‌دهندهٔ عملکرد صحیح تابع تقریب در کاربردهای واقعی با مقادیر بزرگ است. همچنین، برای تعداد مشتریان بالاتر از ۱۰۰۰، مدل اصلی، توانایی حل ندارد. علاوه بر این، دربارهٔ زمان محاسبه برای مدل دقیق و تقریبی نیز نتایج تحلیل‌های مقایسه‌ای در شکل شمارهٔ ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- مقایسهٔ زمان محاسبهٔ مدل دقیق و تقریبی

شکل شمارهٔ ۲ نشان می‌دهد افزایش تعداد مشتریان در مدل اصلی، افزایش مدت‌زمان حل را به دنبال دارد؛ ولی در مدل تقریبی پیشنهادی، زمان محاسبات در بازه ثابتی باقی می‌ماند؛ بنابراین، مدل دقیق، برای کاربردهای واقعی و مشتمل بر تعداد زیاد مشتریان (همانند مطالعهٔ موردی در پژوهش حاضر)، مسئله راحل نمی‌کند.

برای محاسبهٔ نقطهٔ تعادل، با فرض $1 - s_i = q_i$، انحراف معیار نیز در توزیع دوجمله‌ای (σ_i)، از رابطهٔ ذیل به دست می‌آید:

$$\sigma_i = \sqrt{Ms_iq_i} \qquad (۱۴)$$

بنابراین، مشتق جزئی انحراف معیار در توزیع دوجمله‌ای به‌صورت ذیل است:

$$\frac{\partial \sigma_i}{\partial p_i} = \frac{M\alpha s_i q_i(q_i - s_i)}{\sqrt{Ms_iq_i}} = L_i \qquad (۱۵)$$

توجه شود که تابع $\pi_i(p_i, k_i)$ به‌ازای $i = 1,2,\dots,n$ تابعی از متغیرهای (p_i, k_i) است و مشتق جزئی تابع سود برحسب p_i به‌صورت رابطهٔ شمارهٔ ۱۶ و مشتق تابع سود برحسب k_i به‌صورت رابطهٔ شمارهٔ ۱۷ است.

$$\begin{aligned}\frac{\partial(\pi_i(p_i,P_{-i}))}{\partial p_i} = {} & Ms_i + p_iM\alpha s_iq_i - h_ik_iL_i + k_i\int_{k_i}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}Z_i^2}dZ_i[\sigma_i + L_i(p_i + b_i + h_i)] \\ & - \int_{k_i}^{\infty} Z_i\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}Z_i^2}dZ_i[\sigma_i + L_i(p_i + b_i + h_i)] - \alpha v_i s_i(1 - s_i) \\ & - c_i(M\alpha s_iq_i + k_iL_i) = 0\end{aligned} \qquad (۱۶)$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial(\pi_i(p_i,P_{-i}))}{\partial k_i} = -h_i\sigma_i + (p_i + b_i + h_i)\sigma_i\left[\int_{k_i}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}Z_i^2}dZ_i + k_i\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}k_i^2}\right] + (p_i + b_i + \\ &h_i)(-\sigma_i)\left[k_i\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}k_i^2}\right] - c_i\sigma_i = 0\end{aligned} \qquad (۱۷)$$

بررسی برقراری تعادل در بازی، یکی از مهم‌ترین نکاتی است که در مسئله‌ای مربوط به نظریهٔ بازی‌ها مطرح می‌شود.؛ زیرا ممکن است در یک بازی دراساس، نقطهٔ تعادلی وجود نداشته باشد. برای اثبات وجود تعادل در بازی‌های نامحدود، قضایای گوناگونی وجود دارد و قضیه‌ای که در این پژوهش از آن استفاده می‌شود، به‌صورت ذیل است:

قضیهٔ ۲: در یک بازی به شکل استراتژیک، اگر به‌ازای تمامی بازیکنان (تمام iها) روابط ذیل برقرار باشد، برقراری تعادل در بازی تضمین می‌شود (کینت و دبرو[۱۷]، ۱۹۵۴):

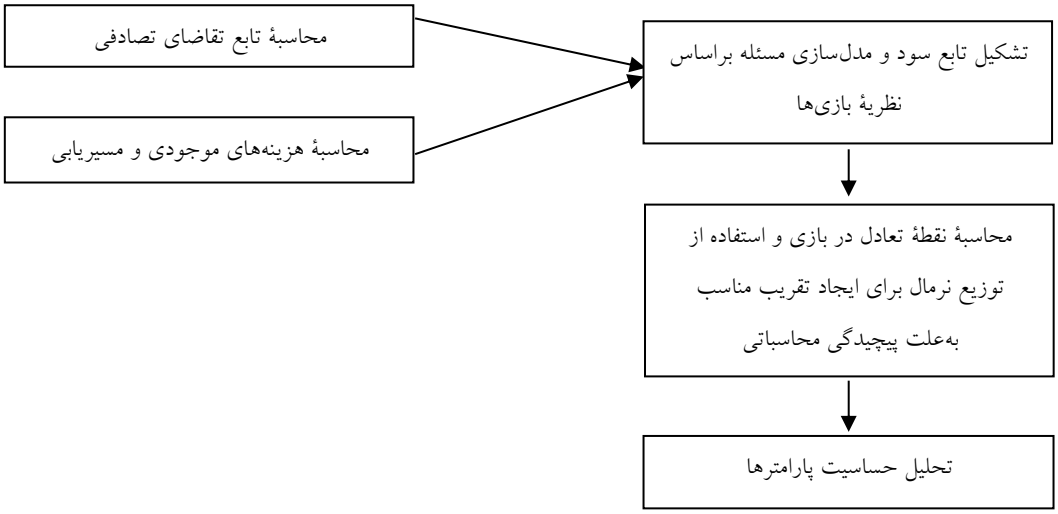
- فضای انتخاب یعنی A_i، محدب[۱۸] و فشرده[۱۹] باشد.
- $u_i(a_i, a_{-i})$ نسبت به a_{-i} پیوسته باشد.
- $u_i(a_i, a_{-i})$ نسبت به a_i پیوسته و شبه مقعر[۲۰] باشد.

علاوه بر این، قضیهٔ مذکور بیان می‌کند در صورتی که هر کدام از توابع u_i، نقطهٔ ایستا[۲۱] داشته باشد، نقطهٔ تعادل بازی از حل سیستم معادلات شرایط مرتبهٔ اول[۲۲] به دست می‌آید.

برای به دست آوردن نقطهٔ تعادل بازی نیز باید دستگاه معادلات $2n$ معادله و $2n$ مجهول متشکل از روابط شمارهٔ ۱۶ و ۱۷ به‌ازای $i = 1,2,\dots,n$ حل شود. معادلات این دستگاه، غیرخطی است و از همین‌رو در مطالعهٔ حاضر، از روش نیوتن برای این حل دستگاه معادلات غیرخطی استفاده می‌شود.

۴- مطالعهٔ کاربردی

در مطالعهٔ حاضر به بررسی رفتار تعادلی در یک زنجیره تأمین دومرحله‌ای (در بین توزیع‌کنندگان، خرده‌فروش‌ها و مشتریان) در صنعت تأمین و توزیع قهوه در سطح شهر اصفهان، توجه و یک مدل رقابت قیمت، پیشنهاد و ۱۰ شرکت فعال و مستقر در بازار اصفهان بررسی شده است. انواع برندهای قهوه- که در این مطالعه، تعادل بازار و قیمت‌گذاری آنها بررسی شده است- عبارت است از: روبستا، عربیکا، لیبریکا، میکس و فرآوری‌ها. فرایند پژوهش در نمودار ذیل نشان داده شده است.



شکل ۳- مراحل اجرای پژوهش

متغیرهای تصمیم مدل پیشنهادی شامل قیمت و مقدار تولید است. همچنین، پارامترهای لازم در مدل به شرح ذیل است:

۱) تعداد شرکت‌ها و تعداد خرده‌فروشی‌ها؛

۲) تعداد کل مشتریان بالقوه در بازار و تعداد مشتری در هر یک از خرده‌فروشی‌ها؛

۳) هزینهٔ نگهداری و کمبود هر واحد کالا در شرکت‌های تولیدکننده؛
۴) هزینهٔ تولید هر واحد کالا در شرکت‌های تولیدکننده؛
۵) تعداد کل کالاهای تولیدی توسط شرکت‌های تولیدکننده؛
۶) سهم هر شرکت در بازار (یا احتمال انتخاب کالای هر شرکت) براساس مدل انتخاب لاجیت؛
۷) تعداد تقاضا برای محصول هر شرکت در هر خرده‌فروشی؛
۸) هزینهٔ مسیریابی: هزینه‌های حمل‌ونقل کالا در زنجیره تأمین برای رساندن کالا به مصرف‌کننده و
۹) هزینه‌های تولید: مجموع هزینه‌های فضای تولید، مواد اولیه، نیروی انسانی و انرژی.

برای جمع‌آوری اطلاعات لازم برای محاسبهٔ پارامترها و متغیرهای مسئله و تحقق اهداف پژوهش از تجزیه‌وتحلیل صورت‌های مالی شرکت‌های واردکنندهٔ دانه‌های قهوه و خرده‌فروشان قهوه در سطح شهر اصفهان استفاده شده است.

مانند سایر مسائل مربوط به رقابت قیمت، در این پژوهش از نظریهٔ بازی‌ها برای محاسبهٔ رفتار تعادلی زنجیره تأمین قهوه در سطح شهر اصفهان استفاده شده است. در این پژوهش، با استخراج یک تابع تقاضای تصادفی براساس مدل لاجیت[۲۳]، مدلی رقابتی پیشنهاد و بررسی شده است. مزیت تابع تقاضای معرفی‌شده این است که با استفاده از آن، هزینه‌های کمبود و نگهداری موجودی را در یک مدل تک‌دوره‌ای می‌توان در نظر گرفت. در مدل پیشنهادی، رقابت میان واردکنندگان (توزیع‌کنندگان) قهوه (به‌علت آنکه تولید قهوه در کشور انجام نمی‌شود)، در فضای احتمالی بررسی می‌شود و به‌لحاظ محدودیت مربوط به پیچیدگی‌های محاسباتی، مدل به‌ازای تعداد زیاد مشتریان پاسخگو نیست؛ از این‌رو، برای بهبود عملکرد آن با استفاده از تقریب توزیع دوجمله‌ای توسط توزیع نرمال، مدلی تقریبی نیز ارائه و درنهایت، نقطهٔ تعادل از حل یک دستگاه معادلات غیرخطی (روش نیوتن) حاصل شده است.

اگر فرض شود $F(x)$ تابعی پیوسته و مشتق‌پذیر و r ریشهٔ معادله $F(x)=0$ باشد، برای دستیابی به ریشهٔ r، تقریب مورد اشاره با تخمین عددی مانند x_0 شروع و با آن، تخمین بهبودیافتهٔ دیگری مانند x_1 ایجاد می‌شود. با استفاده از x_1 تخمین مناسبی مانند x_2 تولید می‌شود و با آن نیز تخمین بهبودیافته x_3 به دست می‌آید. این امر تا زمانی ادامه می‌یابد که تخمین‌های ایجادشده همگرا شود (علامه، ۲۰۱۴). اقدامات مذکور، روش تکرارشونده نامیده می‌شود و در میان روش‌های تکرارشونده نیز روش نیوتن به‌علت کارایی مناسب، کاربردهای بسیار متداولی داشته است. روش نیوتن از لحاظ‌کردن تقریب خطی تابع F در حدس اولیهٔ x_0 ناشی می‌شود. به بیان محاسباتی، تقریب خطی تابع F در x_0 برای بردارها و توابع برداری، مقداری به‌صورت ذیل است:

$$F(X) \approx F(X_0) + DF(X_0)(X - X_0) \qquad (۱۸)$$

در اینجا، $DF(X_0)$ ماتریس $n \times n$ است که آرایه‌های آن، مشتق جزئی عناصر مختلف تابع F است و به شکل ذیل نمایش داده می‌شود:

$$DF(X_0)=\begin{bmatrix}\frac{\partial F_1}{\partial x_1}(X_0) & \frac{\partial F_1}{\partial x_2}(X_0) & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_n}(X_0)\\ \vdots & & \ddots & \vdots\\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1}(X_0) & \frac{\partial F_n}{\partial x_2}(X_0) & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial x_n}(X_0)\end{bmatrix} \quad (۱۹)$$

از آنجا که کوشش برای یافتن x است؛ به‌گونه‌ای که F را برابر بردار صفر قرار دهد؛ بنابراین، x_1 به‌گونه‌ای انتخاب می‌شود که:

$$DF(X_0)\Delta X=-F(X_0)\;;\;\Delta X=X_1-X_0 \quad (۲۰)$$

ماتریس $DF(X_0)$، ماتریسی مربع است و در صورتی که معکوس‌پذیر باشد، معادلهٔ شمارهٔ ۲۰ به‌صورت ذیل حل می‌شود:

$$X_1=X_0-\left(DF(X_0)\right)^{-1}F(X_0) \quad (۲۱)$$

به‌علت اینکه $DF(X_0)$ در X_0 ماتریسی شناخته‌شده و $F(X_0)$ یک بردار مشخص است، مشاهده می‌شود معادلهٔ مذکور، یک سیستم معادلات خطی است که به‌راحتی قابل حل است. با به دست آمدن ΔX و مشخص‌بودن X_0 تخمین بهبودیافتهٔ X_1 را می‌توان به دست آورد. برای گام‌های بعدی، روند ذیل انجام می‌شود:

۱- معادلهٔ $DF(X_i)\Delta X=-F(X_i)$ برای محاسبهٔ ΔX حل شود.

۲- از فرمول $X_{i+1}=X_i+\Delta X$ مقدار X_{i+1} به دست آورده شود.

زمانی که ΔX دیگر تغییر نکند، ($\Delta X=0$)، این روند خاتمه می‌یابد؛ یعنی جواب به دست آمده با جواب قبلی یکسان باشد یا زمانی که ΔX از یک مقدار بسیار کوچک تعیین شده است، که بتوان از آن صرف نظر کرد، کوچک‌تر باشد ($\Delta X<\varepsilon$).

توجه به این نکته ضروری است که در هر تکرار از روش نیوتن، ماتریس $DF(X)$ تغییر می‌یابد. این تغییر گاهی سبب می‌شود در برخی از مراحل، ماتریس مد نظر، معکوس‌پذیر نباشد و درنتیجه، روش نیوتن بدون کارایی شود. همچنین، به‌علت زیادبودن ضرایب مدل و به تبع آن، تنوع حالت‌های مختلف مسئله، احتمال بروز چنین مشکلی افزایش می‌یابد؛ از این‌رو، برای برطرف‌کردن این مشکل، از روش نیوتن ثابت[۲۴] (FN) استفاده می‌شود. تفاوت این روش با روش نیوتن این است که در تمامی مراحل حل، از ماتریس اولیه‌ای استفاده شد که با نقطه‌ای دلخواه ایجاد می‌شود و از معکوس‌پذیری آن اطمینان وجود دارد؛ درنتیجه، دستیابی به جواب با استفاده از این روش، تضمین می‌شود.

داده‌های مربوط به تعداد مشتریان در هر یک از خرده‌فروشی‌ها، هزینهٔ نگهداری و کمبود هر واحد کالا در شرکت‌های عرضه‌کننده، هزینهٔ تولید (فرآوری و بسته‌بندی) هر واحد کالا در این شرکت‌ها، تعداد کل کالاهای تولیدشده، هزینهٔ مسیریابی (هزینه‌های حمل‌ونقل کالا در زنجیره تأمین برای رساندن کالا به مصرف‌کننده) و هزینه‌های تولید (مجموع هزینه‌های مرتبط با فضای تولید، مواد اولیه، نیروی انسانی و انرژی) در ۳ ماههٔ اول سال

۱۳۹۸ اندازه‌گیری شده است. همچنین، با دریافت نظریان خبرگان این صنعت، مقدار ضریب حساسیت قیمت در این زنجیره (α) برابر ۰/۳- در نظر گرفته شد.

همچنین، یادآوری می‌شود، تمامی انواع دانه‌های قهوه، وارداتی است و سهم بسیار کمی از دانه‌ها در منطقهٔ سیستان کشت و تهیه می‌شود که تأثیری در بازار ندارد. فقط فرآوری، بسته‌بندی و توزیع این محصولات درون کشور انجام می‌شود.

همانگونه که گفته شد، برای محاسبهٔ مقدار بهینهٔ تولید باید ابتدا مقدار k بهینهٔ متناظر محاسبه شود که نتایج در جدول شمارهٔ ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقدار k بهینهٔ متناظر با انواع قهوه و شرکت‌های عرضه‌کننده

انواع دانه قهوه و فرآوری		شرکت ۱	شرکت ۲	شرکت ۳	شرکت ۴	شرکت ۵	شرکت ۶	شرکت ۷	شرکت ۸	شرکت ۹	شرکت ۱۰
روبستا	RP	۰/۶۹۷	۰/۳۵۴	۰/۷۲۶	۰/۳۱	۰/۵۳۴	۰/۰۰۸	۰/۲۱۸	۰/۲۷۹	۰/۳۱۵	۰/۳۳۱
روبستا	اندونزی	۰/۵۷۳	۰/۸۶۳	۰/۴۴۳	۰/۱۳۸	۰/۲۲	۰/۶۶۸	۰/۸۵۶	۰/۵۵۳	۰/۱۳۷	۰/۱۲۲
روبستا	اوگاندای روبستا	۰/۶۸۳	۰/۷۵۵	۰/۱۴۷	۰/۵۶۹	۰/۶۲۳	۰/۲۷۵	۰/۷۶۴	۰/۳۲۷	۰/۶۴۱	۰/۱۳۹
روبستا	EK	۰/۷۵۱	۰/۱۴۴	۰/۶۴۲	۰/۷۶۳	۰/۷۶۲	۰/۳۳۲	۵۱۳/۰	۰/۷۳۹	۰/۸۹۸	۰/۰۵۷
روبستا	PB	۰/۷۶۱	۰/۰۱۱	۰/۲۳۹	۰/۸۱	۰/۲۶۹	۰/۳۸۶	۰/۹۲۲	۰/۹۹	۰/۱۵۳	۰/۲۰۵
روبستا	PB super	۰/۵۸۵	۰/۲۹۹	۰/۷۴۷	۰/۶۵۷	۰/۳۰۵	۰/۹۷۳	۰/۲۸۸	۰/۰۷۶	۰/۳۹۲	۰/۳۱۵
روبستا	جاوا روبستا	۰/۵۰۱	۰/۸۳۴	۰/۸۲۱	۰/۸۹۸	۰/۶۵۶	۰/۹۵۶	۰/۰۰۸	۰/۴۳۷	۰/۸۵۵	۰/۴۵۸
روبستا	چری	۰/۷۹۲	۰/۴۶۲	۰/۶۴۴	۰/۵۹۶	۰/۳۴۴	۰/۱۱۲	۰/۲۴۷	۰/۰۹۹	۰/۱۷۹	۰/۹۲۹
روبستا	ویتنام	۰/۲۰۵	۰/۶۰۳	۰/۲۹۱	۰/۵۷۱	۰/۱۹۹	۰/۳۹۶	۰/۰۳۵	۰/۱۵۵	۰/۲۷۶	۰/۶۴۹
عربیکا	اتیوپی	۰/۶۶۲	۰/۷۳۲	۰/۳۰۶	۰/۸۰۸	۰/۸۰۳	۰/۰۹۸	۰/۳۴۷	۰/۸۳۳	۰/۱۹۵	۰/۹۹۱
عربیکا	اوگاندا عربیکا	۰/۳۲۸	۰/۵۶۱	۰/۸۶۵	۰/۷۸۷	۰/۸۹۶	۰/۳۶	۰/۱۲۳	۰/۹۷	۰/۰۸	۰/۶۵۸
عربیکا	برزیل	۰/۴۱۶	۰/۶۲۵	۰/۰۴۴	۰/۷۲۷	۰/۰۸۳	۰/۷۷۴	۰/۴۰۵	۰/۸۹۵	۰/۳۱۶	۰/۱۴۲
عربیکا	پرو	۰/۲۱۵	۰/۴۴۱	۰/۳۷۱	۰/۸۳۱	۰/۶۵۲	۰/۳۰۲	۰/۸۳	۰/۰۵۵	۰/۷۵۶	۰/۶۳۱
عربیکا	PL	۰/۵۹۶	۰/۸۵۹	۰/۹۷۱	۰/۰۵۸	۰/۹۰۸	۰/۸۶۹	۰/۹۶۲	۰/۴۸۴	۰/۷۹۴	۰/۷۷۴
عربیکا	تانزانیا	۰/۰۹۶	۰/۸۹۶	۰/۳۱۲	۰/۱۴۶	۰/۷۵۵	۰/۵۸۵	۰/۸۵۹	۰/۲۴۳	۰/۸۳۹	۰/۰۶۱
عربیکا	تولیما	۰/۶۰۵	۰/۹۲۷	۰/۶۶۷	۰/۷۶۶	۰/۸۹۵	۰/۵۲۹	۰/۶۸۳	۰/۸۲۵	۰/۳۷۴	۰/۰۲۷
عربیکا	جاوا عربیکا	۰/۸۰۴	۰/۲۱۴	۰/۴۹۵	۰/۱۷۵	۰/۹۶۵	۰/۸۸۵	۰/۲۷۵	۰/۱۹۱	۰/۰۵۱	۰/۳۶۱
عربیکا	سوماترا	۰/۰۹۲	۰/۶۲۸	۰/۲۱۷	۰/۶۹۶	۰/۵۹۵	۰/۴۴۱	۰/۳۸۹	۰/۱۳۳	۰/۶۹۲	۰/۳۰۸
عربیکا	کاستاریکا	۰/۷۵۱	۰/۳۰۵	۰/۱۹۶	۰/۵۶۵	۰/۱۴۹	۰/۴۷۵	۰/۵۳	۰/۹۶۳	۰/۲۴۱	۰/۴۸۲
عربیکا	کلمبیا	۰/۳۸۲	۰/۵۵۸	۰/۲۱۷	۰/۴۱۲	۰/۲۵۳	۰/۱۲۱	۰/۶۵۱	۰/۳۹۴	۰/۰۵۶	۰/۷۲۳
عربیکا	کنیا	۰/۸۲۷	۰/۴۱۸	۰/۱۱۱	۰/۲۴۸	۰/۲۲۲	۰/۰۴۲	۰/۰۳۳	۰/۳۴۸	۰/۷۱۵	۰/۲۵۸
عربیکا	گواتمالا	۰/۱۶۱	۰/۶۴۷	۰/۳۱۶	۰/۷۷۳	۰/۸۳۲	۰/۳۸	۰/۶۹۱	۰/۰۹۴	۰/۷۴۵	۰/۶۴۹
عربیکا	ماراگو مکزیک	۰/۰۶۷	۰/۶۳۶	۰/۹۸۴	۰/۰۹۲	۰/۳۱۷	۰/۴۵۸	۰/۱۳۳	۰/۰۶۷	۰/۰۸۸	۰/۴۸۲
عربیکا	مالاوی	۰/۶۱۴	۰/۸۸۹	۰/۶۶۷	۰/۹۴۸	۰/۰۰۲	۰/۲۳	۰/۰۶۵	۰/۳۰۱	۰/۶۲۵	۰/۱۷۷
عربیکا	نیکاراگوئه	۰/۴۵۵	۰/۶۱۹	۰/۱۴	۰/۱۴۱	۰/۰۶۴	۰/۸۷۶	۰/۲۷۲	۰/۴۶	۰/۴۲۵	۰/۸۱۵
عربیکا	هندوراس	۰/۹۴۸	۰/۳۸۲	۰/۲۱۵	۰/۸۱۶	۰/۸۳۸	۰/۱۹۳	۰/۰۷۸	۰/۸۵۱	۰/۴۲۳	۰/۳۷۶
عربیکا	دومینگو	۰/۴۷	۰/۱۵	۰/۰۵۸	۰/۸۷۲	۰/۳۲۳	۰/۸۱۲	۰/۵۸۷	۰/۱۴۹	۰/۸۵	۰/۴۸۷
لیبریکا	لیبریکا	۰/۲۲۲	۰/۰۴۹	۰/۱۲۸	۰/۶۷۶	۰/۹۹	۰/۵۹۲	۰/۳۷۶	۰/۸۱۸	۰/۶۷۲	۰/۱۷۴

انواع دانه قهوه و فرآوری		شرکت ۱	شرکت ۲	شرکت ۳	شرکت ۴	شرکت ۵	شرکت ۶	شرکت ۷	شرکت ۸	شرکت ۹	شرکت ۱۰
میکس	ایگل	۰/۹۰۸	۰/۸۳۲	۰/۲۶۲	۰/۵۷۷	۰/۱۲۱	۰/۰۹۴	۰/۶۸۵	۰/۸۳۸	۰/۳۰۸	۰/۶
میکس	پانیک	۰/۶۳۱	۰/۳۴۴	۰/۷۹۹	۰/۹۸۳	۰/۳۹	۰/۸۴۷	۰/۷۶۲	۰/۹۴	۰/۹۱۸	۰/۰۷۷
میکس	تورنتو	۰/۲۸۵	۰/۳۶۶	۰/۰۷۲	۰/۹۷۱	۰/۹۴۷	۰/۹۹۷	۰/۸۸	۰/۰۸	۰/۵	۰/۱۰۷
میکس	دراگون	۰/۱۷۸	۰/۶۶۸	۰/۸۲۴	۰/۰۵۷	۰/۷۸۶	۰/۹۰۸	۰/۵۷۸	۰/۴۴۷	۰/۳۸۶	۰/۱۳۳
میکس	فالکن	۰/۵۹۴	۰/۹۴۷	۰/۴۵۴	۰/۲۰۴	۰/۸۱۱	۰/۴۸۳	۰/۷۰۷	۰/۴۹۹	۰/۵۵۶	۰/۹۸
میکس	فایتر	۰/۱۴۷	۰/۵۷۵	۰/۷۱۲	۰/۷۰۵	۰/۶۷۸	۰/۸۳۱	۰/۹۲۸	۰/۱۸۸	۰/۸۴	۰/۷۸۹
میکس	کارینا	۰/۴۶۵	۰/۹۴۹	۰/۳۰۷	۰/۷۱۸	۰/۲۲۸	۰/۱۷۷	۰/۳۵۳	۰/۰۵۷	۰/۵۷۶	۰/۰۷
میکس	لاورز	۰/۷۶۹	۰/۴۰۲	۰/۲۲۴	۰/۷۱۹	۰/۸۲۹	۰/۰۲۷	۰/۵۰۳	۰/۴۱۸	۰/۶۰۹	۰/۴۱۲
میکس	هلبر	۰/۱۶۸	۰/۵۹۳	۰/۸۶	۰/۶۱۸	۰/۵۰۶	۰/۹۴۴	۰/۴۰۳	۰/۸۰۱	۰/۷۲۸	۰/۳۰۴
میکس	ورونا	۰/۲۸۱	۰/۶۴۵	۰/۵۴۵	۰/۰۵۹	۰/۵۱۸	۰/۲۸۱	۰/۷۱۸	۰/۰۶۶	۰/۳۴۶	۰/۶۳۲
میکس	یامی	۰/۵۶۶	۰/۰۸۴	۰/۴۸۷	۰/۸۰۳	۰/۹۴۴	۰/۳۶۷	۰/۱۴	۰/۲۵۵	۰/۲۳۹	۰/۴۷۸
فرآوری	کاپوچینو	۰/۳۴۶	۰/۴۲۳	۰/۲۰۲	۰/۸۱۳	۰/۵۰۹	۰/۵۴۹	۰/۳۱۵	۰/۰۴۱	۰/۴۵۳	۰/۷۸۸
فرآوری	هات چاکلت	۰/۶۸۸	۰/۶۹۳	۰/۰۱۳	۰/۹۰۶	۰/۸۴۲	۰/۵۹۷	۰/۳۵۷	۰/۳۸۴	۰/۶۰۷	۰/۴۹

(منبع: یافته‌های پژوهش)

مقدار k محاسبه‌شده در جدول مذکور، بدون واحد اندازه‌گیری است و فقط یک کمیت عددی است که با استفاده از رابطهٔ $k_i = \frac{y_i - Ms_i}{\sqrt{Ms_i(1-s_i)}}$، مقدار تولید متناظر با قیمت تعادلی در شرکت‌های عرضه‌کننده را مطابق جدول شمارهٔ ۲ در اختیار می‌گذارد.

جدول ۲- مقدار تولید بهینهٔ متناظر با انواع قهوه در شرکت‌های عرضه‌کننده

انواع دانه قهوه و فراوری		شرکت ۱	شرکت ۲	شرکت ۳	شرکت ۴	شرکت ۵	شرکت ۶	شرکت ۷	شرکت ۸	شرکت ۹	شرکت ۱۰
روبستا	RP	۶۷۴۷۰	۷۰۰۳۹	۷۲۳۶۴	۴۵۸۶۷	۴۶۴۶۵	۷۷۶۴	۴۶۰۵۵	۶۴۷۵	۲۱۵۰۳	۲۰۳۲۴
روبستا	اندونزی	۵۶۳۹	۵۵۳۹۷	۷۰۳۷۸	۷۶۲۵۴	۴۹۲۷۲	۴۲۴۰۲	۱۸۶۹۳	۴۴۳۰۰	۱۴۳۰۷	۵۴۹۸۹
روبستا	اوگاندای روبستا	۶۳۰۰۹	۴۱۳۸۲	۶۱۵۳۲	۴۸۴۳۷	۶۰۱۹۵	۶۳۹۱	۴۹۹۱۳	۴۱۴۶۴	۲۴۲۷۳	۴۸۹۹۷
روبستا	EK	۶۱۰۱۷	۳۹۲۱۹	۱۱۵۱۸	۷۷۹۵۹	۲۳۰۳۷	۶۴۹۰۰	۷۷۷۹۵	۲۷۰۹۶	۵۲۸۵۱	۴۶۲۶۳
روبستا	PB	۷۰۶۰۲	۸۱۲۳	۶۹۳۲۰	۸۸۳۴	۷۴۳۱۲	۱۳۶۳۸	۴۶۴۷۷	۵۲۰۳۹	۴۶۵۸۷	۷۵۳۶۰
روبستا	PB super	۴۵۷۶۴	۶۱۹۹	۶۴۱۰۴	۵۴۱۶۲	۱۶۶۹۲	۵۰۹۷۷	۵۲۷۲۹	۲۲۹۳۵	۴۰۳۸۴	۱۸۸۹۵
روبستا	جاوا روبستا	۱۳۹۶۶	۷۴۷۱۷	۵۳۷۸۵	۲۱۶۳۸	۱۹۸۰	۵۹۳۹۹	۶۱۵۴	۲۱۵۸۵	۶۶۹۵۹	۷۰۵۹۴
روبستا	چری	۷۵۹۳۸	۳۲۰۶۷	۳۹۰۹۸	۴۸۲۳۵	۱۵۲۲۷	۹۳۱۲	۹۳۵۱	۵۳۶۱۳	۲۲۷۹۳	۲۳۹۱۲
روبستا	ویتنام	۶۳۳۰۹	۶۹۶۶۷	۲۳۹۳۹	۵۳۷۱۶	۴۷۹۲	۷۸۹۲۷	۶۳۹۰۱	۶۳۴۳۸	۶۳۳۱۰	۷۰۴۶۲
عربیکا	اتیوپی	۱۵۶۵۱	۶۶۵۸	۵۸۴۰۴	۶۹۳۸۶	۴۰۲۱۱	۱۱۷۹۵	۲۸۲۲۲	۶۳۸۶۰	۴۱۷۵۱	۲۲۷۸۳
عربیکا	اوگاندا عربیکا	۵۴۷۰۰	۱۹۸۲۳	۴۶۴۹۴	۴۵۳۸	۴۷۴۰۶	۵۳۸۷۴	۱۲۲۸۹	۷۱۴۵۷	۴۸۰۲۱	۱۵۶۷
عربیکا	برزیل	۳۰۶۳۸	۶۸۲۱۲	۴۱۲۲	۵۷۲۸۹	۷۶۰۸۳	۶۰۴۰۵	۳۵۳۸۹	۶۹۲۵۹	۵۶۱۴۳	۴۵۴۲۳
عربیکا	پرو	۵۷۸۱۱	۷۷۰۹۲	۷۸۰۱۶	۷۳۳۰۴	۱۶۷۱۴	۱۰۰۹۴	۶۷۸۱۵	۱۱۳۵۵	۴۸۹۸۱	۷۷۷۰۹
عربیکا	PL	۷۴۹۸	۶۳۱۲۵	۲۷۰۴۶	۶۲۱۱۸	۸۸۲۷	۷۲۰۷۳	۴۹۶۴	۲۱۵۸	۱۶۲۸۸	۶۵۰۸۱

انواع دانه قهوه و فراوری		شرکت ۱	شرکت ۲	شرکت ۳	شرکت ۴	شرکت ۵	شرکت ۶	شرکت ۷	شرکت ۸	شرکت ۹	شرکت ۱۰
عربیکا	تانزانیا	۵۱۱۴۵	۲۷۳۴۵	۴۰۵۸	۷۱۰۲۳	۲۹۰۷۵	۳۱۷۸۲	۷۳۱۴	۷۹۷۶۰	۳۴۲۵۸	۳۸۴۰۵
عربیکا	تولیما	۶۲۲۸۶	۲۶۸۰۱	۳۳۷۸۱	۷۳۸۲۹	۲۴۳۳۵	۲۹۹۴۴	۶۰۹۵۴	۳۸۸۵۶	۶۶۴۸۹	۵۳۲۷۱
عربیکا	جاوا عربیکا	۲۵۱۷۶	۶۲۰۲۸	۶۹۷۵۵	۴۰۵۲۲	۱۸۷۶۵	۴۰۷۵۶	۳۴۳۹۸	۷۸۹۴۲	۶۲۹۴۲	۶۲۲۰۱
عربیکا	سوماترا	۴۵۲۱۸	۲۲۳۷۲	۵۲۹۷۷	۷۴۴۱۰	۷۸۷۲۲	۲۰۵۵۲	۷۷۴۸۸	۶۷۵۱۱	۱۳۵۵۲	۳۳۹۵۳
عربیکا	کاستاریکا	۱۰۷۲۸	۷۶۸۳۲	۶۹۳۹	۴۴۴۶۶	۶۹۴۸۰	۱۳۱۶۶	۱۸۴۹۸	۸۶۱۲	۵۵۴۲۷	۵۶۰۵۲
عربیکا	کلمبیا	۴۱۸۰۶	۳۳۶۰۴	۲۱۷۰۴	۷۹۲۹	۲۹۱۳۷	۳۷۰۱۹	۴۱۴۲۸	۱۴۹۷۶	۶۹۹۱۴	۲۰۲۰۴
عربیکا	کنیا	۵۶۴۶۳	۶۵۳۶۴	۵۲۲۸۸	۲۴۸۲۲	۴۵۱۱۸	۴۵۷۶۰	۲۲۰۵۷	۴۴۳۸	۵۵۹۰۴	۳۷۵۸۱
عربیکا	گواتمالا	۷۵۸۰	۶۹۹۶۳	۱۱۲۴۹	۱۴۶۵۹	۶۸۱۲۴	۲۸۵۵۷	۵۴۳۴۶	۲۱۶۲۸	۲۴۰۴۸	۷۲۹۴
عربیکا	ماراگو مکزیک	۷۷۴۷	۹۷۱۹	۴۳۳۹۸	۵۷۲۳۴	۳۹۶۱۰	۲۵۲۰۷	۳۵۶۴۹	۴۵۶۳۲	۱۱۷۸۳	۷۰۳۷
عربیکا	مالاوی	۳۳۷۲۳	۷۶۵۴۹	۴۴۷۴۵	۱۰۷۱۹	۲۳۳۶۶	۶۸۷۹۶	۱۰۲۷۸	۵۲۶۲	۶۵۹۹	۲۹۱۰۴
عربیکا	نیکاراگوئه	۶۳۰۸	۳۸۳۰۷	۳۰۶۳۲	۴۲۵۰۸	۳۵۵۴۲	۳۸۹۶۵	۶۸۴۲۵	۶۱۱۲۳	۱۰۵۵۳	۳۶۴۶
عربیکا	هندوراس	۱۹۹۹۴	۱۱۱۶۳	۷۸۰۴۳	۷۷۵۳۷	۵۲۲۲۹	۶۸۶۰۱	۴۳۴۰	۱۸۴۰۰	۲۳۲۰۵	۲۲۱۵۶
عربیکا	دومینگو	۴۳۴۹۱	۵۰۹۹۲	۵۹۰۷۹	۵۵۸۶۲	۲۳۳۲۹	۴۹۳۴۷	۱۸۹۶۹	۱۰۱۹۴	۷۱۶۰۲	۱۵۴۸۱
لیبریکا	لیبریکا	۶۶۳۳۳	۶۵۵۰۷	۵۶۲۶۵	۸۵۳۱	۵۰۷۷۰	۲۵۷۸۰	۵۳۷۷۴	۲۵۰۷۵	۵۰۰۶۹	۵۹۱۱۴
میکس	ایگل	۲۲۶۹	۳۶۴۷	۱۸۷۹۱	۱۳۷۱۵	۳۶۲۵۰	۱۴۴۸۴	۳۴۴۸۲	۲۰۵۶۶	۱۲۸۱۸	۴۳۳۵۰
میکس	پانیک	۳۲۱۱۷	۴۹۸۲۳	۵۳۶۲۷	۶۵۳۳۷	۱۳۸۱۶	۳۸۶۶۸	۴۴۰۲۸	۵۷۰۷۲	۵۱۴۰۶	۷۹۵۵۲
میکس	تورنتو	۴۲۰۴۶	۴۵۵۱۷	۲۲۹۷۲	۳۵۸۴۵	۵۷۳۹۵	۴۷۹۹۸	۳۱۱۸۵	۱۲۱۶۷	۵۳۱۰۲	۶۲۵۲۴
میکس	دراگون	۴۵۲۱۴	۵۲۲۱۴	۸۳۸۱	۶۵۷۴۶	۳۲۰۶۸	۲۵۶۹۱	۱۱۰۷۶	۴۳۸۸۵	۶۱۹۲۰	۱۱۷۴۳
میکس	فالکن	۷۴۲۴۲	۵۸۹۳۳	۱۵۳۸۲	۳۰۳۷۶	۲۰۵۰	۶۱۰۵۱	۳۴۲۲۷	۶۷۲۴۸	۱۲۶۰۲	۲۰۰۵۶
میکس	فایتر	۷۷۹۵۱	۷۰۵۸۰	۵۷۰۵۳	۱۱۰۸۶	۱۷۹۶۳	۲۵۱۵۶	۴۶۶۹۶	۶۱۲۶۱	۴۰۲۰۴	۷۹۳۳۶
میکس	کارینا	۲۱۷۸۵	۳۶۴۲۵	۴۳۵۱۹	۴۰۵۴۰	۱۲۲۴	۱۲۵۳۰	۵۱۳۰۵	۶۹۲۶	۷۸۲۲۴	۵۲۹۱۶
میکس	لاورز	۷۸۰۸	۶۴۷۱۱	۶۴۵۴۶	۲۹۶۳۲	۴۹۷۷۴	۷۹۸۹۳	۳۱۲۶۲	۷۳۷۴۴	۵۰۳۱۷	۶۷۸۵۵
میکس	هلبر	۴۱۲۹۹	۲۸۵۹۸	۵۵۹۴۶	۶۶۵۴۶	۵۷۹۷۲	۸۵۲۸	۶۳۸۳۱	۶۹۱۷۱	۳۲۷۵۸	۶۶۰۸۶
میکس	ورونا	۹۹۰۱	۴۵۷۳۲	۷۵۷۷۰	۶۱۴۱۸	۴۷۳۶۶	۴۵۹۶	۱۳۶۱۵	۲۸۹۷۷	۵۴۰۶۴	۱۹۴۴۷
میکس	یامی	۳۲۸۰۵	۳۳۸۷۱	۴۳۳۰۸	۶۲۴۴۴	۴۴۶۲۵	۶۳۴۵۹	۷۱۵۰۱	۳۶۰۵۱	۳۰۱۷۹	۲۱۲۵۵
فرآوری	کاپوچینو	۱۴۶۰۷	۵۳۵۱۰	۵۶۵۵۸	۳۲۲۷۱	۱۴۷۰۹	۲۴۳۷۷	۵۰۵۷۱	۲۴۰۳۵	۲۲۱۸۵	۱۹۵۳۰
فرآوری	هات چاکلت	۵۶۴۰۰	۷۵۸۰۸	۴۵۴۷۷	۳۲۴۵۱	۴۰۶۸۳	۲۶۰۸۷	۲۳۷۲۶	۳۷۱۱۱	۸۷۸۲	۷۸۷۰۶

واحد تمامی اعداد داخل جدول، کیلوگرم است. (منبع: یافته‌های پژوهش)

و بالاخره، قیمت تعادلی مدل، پس از محاسبه، در جدول شمارهٔ ۳ نمایش یافته است. گفتنی است بیشتربودن قیمت تعدادی از انواع قهوه در هر یک از شرکت‌ها، بیشتر به‌علت فاصلهٔ آن‌ها از کشورهای مبدأ و درنتیجه، افزایش هزینهٔ حمل برای آنهاست؛ به عبارت دیگر، این قیمت‌ها، لزوماً مترادف با بیشتربودن کیفیت دانه‌های قهوه نیست.

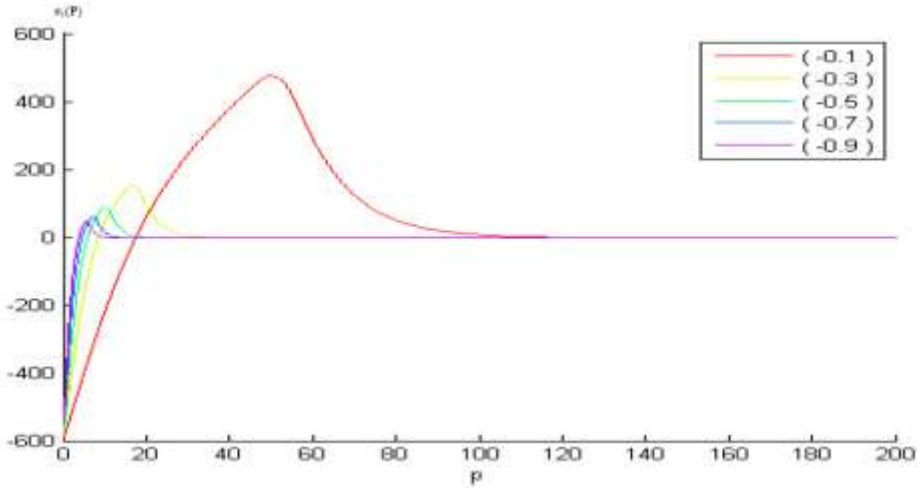
جدول ۳- قیمت بهینهٔ متناظر با انواع قهوه و شرکت‌های عرضه‌کننده

انواع دانه قهوه و فرآوری		شرکت ۱	شرکت ۲	شرکت ۳	شرکت ۴	شرکت ۵	شرکت ۶	شرکت ۷	شرکت ۸	شرکت ۹	شرکت ۱۰
روبستا	RP	۶۴۸۵۱	۶۴۸۲۰	۶۴۸۶۱	۶۴۸۳۱	۶۴۸۴۱	۶۴۸۰۰	۶۴۸۳۱	۶۴۷۸۹	۶۴۸۳۷	۶۴۸۶۵
روبستا	اندونزی	۶۱۸۵۸	۶۱۷۹۷	۶۱۷۹۹	۶۱۸۰۶	۶۱۷۹۳	۶۱۸۰۲	۶۱۸۶۷	۶۱۸۱۸	۶۱۸۶۸	۶۱۸۲۰
روبستا	اوگاندای روبستا	۶۵۸۱۱	۶۵۷۹۶	۶۵۸۶۱	۶۵۸۲۲	۶۵۸۶۱	۶۵۸۱۸	۶۵۸۴۷	۶۵۸۴۰	۶۵۸۳۲	۶۵۸۱۴
روبستا	EK	۶۰۸۵۶	۶۰۸۴۷	۶۰۷۸۲	۶۰۸۴۷	۶۰۸۲۰	۶۰۷۹۸	۶۰۷۸۷	۶۰۸۶۰	۶۰۸۲۸	۶۰۸۳۵
روبستا	PB	۵۱۸۷۹	۵۱۷۹۶	۵۱۸۶۱	۵۱۷۹۸	۵۱۸۳۹	۵۱۸۳۰	۵۱۸۳۸	۵۱۸۷۴	۵۱۸۲۴	۵۱۸۴۴
روبستا	PB super	۵۵۸۲۱	۵۵۸۷۶	۵۵۸۲۲	۵۵۸۵۴	۵۵۸۱۱	۵۵۸۳۴	۵۵۷۹۸	۵۵۸۵۶	۵۵۷۹۲	۵۵۸۴۰
روبستا	جاوا روبستا	۶۲۸۱۹	۶۲۸۳۶	۶۲۸۱۵	۶۲۸۴۴	۶۲۸۵۵	۶۲۷۹۸	۶۲۸۳۵	۶۲۸۱۷	۶۲۸۴۱	۶۲۷۸۱
روبستا	چری	۵۱۸۲۴	۵۱۸۲۲	۵۱۸۱۷	۵۱۸۴۰	۵۱۸۸۵	۵۱۸۸۶	۵۱۸۵۸	۵۱۸۷۶	۵۱۸۴۴	۵۱۸۰۸
روبستا	ویتنام	۴۸۸۵۵	۴۸۸۸۷	۴۸۸۳۴	۴۸۸۳۸	۴۸۸۰۴	۴۸۸۱۲	۴۸۸۸۰	۴۸۸۰۶	۴۸۸۴۱	۴۸۸۶۹
عربیکا	اتیوپی	۹۷۷۹۵	۹۷۷۲۷	۹۷۷۴۶	۹۷۷۲۷	۹۷۷۵۶	۹۷۷۲۴	۹۷۸۰۰	۹۷۷۲۷	۹۷۷۹۵	۹۷۷۲۶
عربیکا	اوگاندا عربیکا	۹۲۷۳۸	۹۲۷۸۸	۹۲۷۴۰	۹۲۸۰۳	۹۲۷۵۶	۹۲۷۷۱	۹۲۷۶۸	۹۲۷۲۲	۹۲۷۷۴	۹۲۷۳۸
عربیکا	برزیل	۶۸۸۱۱	۶۸۸۰۲	۶۸۷۸۵	۶۸۸۵۴	۶۸۷۷۹	۶۸۷۷۸	۶۸۷۶۴	۶۸۸۴۰	۶۸۸۵۴	۶۸۷۸۳
عربیکا	پرو	۱۰۴۶۹۱	۱۰۴۷۸۴	۱۰۴۷۷۴	۱۰۴۷۱۷	۱۰۴۷۴۷	۱۰۴۷۴۵	۱۰۴۷۸۰	۱۰۴۷۵۵	۱۰۴۷۶۵	۱۰۴۷۶۰
عربیکا	PL	۸۷۷۴۸	۸۷۷۴۰	۸۷۷۷۰	۸۷۷۹۱	۸۷۷۴۷	۸۷۷۹۹	۸۷۸۱۰	۸۷۷۲۸	۸۷۷۲۵	۸۷۷۳۰
عربیکا	تانزانیا	۱۰۸۶۹۳	۱۰۸۷۷۶	۱۰۸۷۲۶	۱۰۸۷۷۷	۱۰۸۷۰۵	۱۰۸۷۳۵	۱۰۸۶۸۶	۱۰۸۷۰۸	۱۰۸۶۸۲	۱۰۸۷۰۲
عربیکا	تولیما	۱۰۷۶۹۸	۱۰۷۷۱۰	۱۰۷۷۶۱	۱۰۷۶۹۲	۱۰۷۷۵۷	۱۰۷۷۶۷	۱۰۷۷۳۷	۱۰۷۷۷۷	۱۰۷۷۵۳	۱۰۷۷۰۶
عربیکا	جاوا عربیکا	۱۰۴۷۱۵	۱۰۴۶۹۴	۱۰۴۷۷۳	۱۰۴۷۳۷	۱۰۴۷۱۳	۱۰۴۷۲۵	۱۰۴۷۱۱	۱۰۴۷۷۳	۱۰۴۷۲۰	۱۰۴۷۵۴
عربیکا	سوماترا	۹۱۷۳۳	۹۱۸۱۰	۹۱۷۳۳	۹۱۷۲۵	۹۱۷۲۴	۹۱۷۷۶	۹۱۷۶۳	۹۱۷۱۶	۹۱۷۲۶	۹۱۷۶۲
عربیکا	کاستاریکا	۱۱۲۷۱۸	۱۱۲۷۲۹	۱۱۲۷۴۰	۱۱۲۷۰۰	۱۱۲۷۳۱	۱۱۲۶۹۸	۱۱۲۷۱۳	۱۱۲۷۵۶	۱۱۲۷۱۳	۱۱۲۶۷۶
عربیکا	کلمبیا	۹۵۷۶۵	۹۵۷۹۵	۹۵۸۰۳	۹۵۷۹۲	۹۵۷۰۸	۹۵۷۶۴	۹۵۷۷۷	۹۵۸۰۲	۹۵۷۱۰	۹۵۷۴۸
عربیکا	کنیا	۱۰۵۷۱۲	۱۰۵۷۰۴	۱۰۵۷۰۶	۱۰۵۶۹۷	۱۰۵۷۲۱	۱۰۵۷۳۹	۱۰۵۷۰۵	۱۰۵۷۸۵	۱۰۵۶۹۹	۱۰۵۶۹۹
عربیکا	گواتمالا	۱۱۶۷۲۳	۱۱۶۶۹۱	۱۱۶۶۸۸	۱۱۶۷۲۹	۱۱۶۶۸۵	۱۱۶۷۱۵	۱۱۶۷۴۵	۱۱۶۷۶۲	۱۱۶۷۴۳	۱۱۶۶۹۶
عربیکا	ماراگو مکزیک	۱۰۴۷۰۲	۱۰۴۷۳۷	۱۰۴۷۲۴	۱۰۴۷۱۰	۱۰۴۷۰۵	۱۰۴۷۶۹	۱۰۴۷۲۶	۱۰۴۷۰۷	۱۰۴۷۶۳	۱۰۴۷۱۱
عربیکا	مالاوی	۶۹۸۲۱	۶۹۷۹۸	۶۹۸۴۶	۶۹۸۴۶	۶۹۷۸۴	۶۹۸۰۵	۶۹۷۹۶	۶۹۷۷۲	۶۹۷۹۱	۶۹۷۸۸
عربیکا	نیکاراگوئه	۱۰۰۷۸۵	۱۰۰۷۱۵	۱۰۰۷۴۹	۱۰۰۷۶۰	۱۰۰۷۳۲	۱۰۰۷۶۲	۱۰۰۷۰۳	۱۰۰۷۸۳	۱۰۰۷۲۵	۱۰۰۷۷۲
عربیکا	هندوراس	۱۰۸۷۶۸	۱۰۸۶۹۷	۱۰۸۶۸۹	۱۰۸۷۴۲	۱۰۸۶۹۴	۱۰۸۷۷۶	۱۰۸۷۵۶	۱۰۸۷۵۴	۱۰۸۷۳۳	۱۰۸۶۹۶
عربیکا	دومینگو	۱۰۷۶۹۶	۱۰۷۶۸۵	۱۰۷۷۳۷	۱۰۷۶۸۵	۱۰۷۷۰۳	۱۰۷۷۷۶	۱۰۷۷۳۷	۱۰۷۷۳۷	۱۰۷۷۶۴	۱۰۷۷۲۸
لیبریکا	لیبریکا	۶۷۷۷۹	۶۷۸۰۶	۶۷۷۹۵	۶۷۸۵۲	۶۷۸۵۳	۶۷۷۷۴	۶۷۷۹۹	۶۷۷۶۸	۶۷۷۹۵	۶۷۸۲۷
میکس	ایگل	۷۵۷۸۵	۷۵۸۳۰	۷۵۷۵۰	۷۵۷۶۲	۷۵۸۱۲	۷۵۷۷۰	۷۵۷۶۲	۷۵۸۱۹	۷۵۷۸۶	۷۵۷۲۸
میکس	پانیک	۷۴۸۱۶	۷۴۸۰۹	۷۴۷۸۲	۷۴۷۸۶	۷۴۸۱۵	۷۴۸۱۴	۷۴۸۱۶	۷۴۷۷۴	۷۴۷۷۱	۷۴۸۰۵
میکس	تورنتو	۷۶۷۵۹	۷۶۷۶۶	۷۶۸۱۸	۷۶۷۸۵	۷۶۷۴۷	۷۶۷۵۸	۷۶۸۳۸	۷۶۸۱۱	۷۶۸۱۴	۷۶۸۳۸
میکس	دراگون	۷۵۸۱۹	۷۵۷۹۱	۷۵۸۳۲	۷۵۸۳۶	۷۵۸۲۶	۷۵۷۶۲	۷۵۷۸۰	۷۵۸۴۱	۷۵۷۶۱	۷۵۷۷۱
میکس	فالکن	۷۵۷۶۷	۷۵۷۵۷	۷۵۷۶۵	۷۵۷۹۲	۷۵۷۷۴	۷۵۸۰۴	۷۵۸۲۸	۷۵۸۰۶	۷۵۸۴۵	۷۵۷۵۳
میکس	فایتر	۹۳۷۷۸	۹۳۷۸۶	۹۳۷۸۹	۹۳۷۷۲	۹۳۷۳۸	۹۳۷۹۱	۹۳۷۱۸	۹۳۷۷۹	۹۳۷۲۲	۹۳۸۰۲
میکس	کارینا	۷۵۷۹۸	۷۵۸۰۶	۷۵۸۲۱	۷۵۸۲۵	۷۵۸۲۷	۷۵۷۵۷	۷۵۷۸۰	۷۵۷۸۹	۷۵۷۷۳	۷۵۷۵۵
میکس	لاورز	۷۲۷۹۹	۷۲۷۸۰	۷۲۷۹۸	۷۲۸۲۳	۷۲۷۷۳	۷۲۷۹۳	۷۲۷۷۸	۷۲۸۴۱	۷۲۸۱۸	۷۲۷۶۸

انواع دانه قهوه و فرآوری		شرکت ۱	شرکت ۲	شرکت ۳	شرکت ۴	شرکت ۵	شرکت ۶	شرکت ۷	شرکت ۸	شرکت ۹	شرکت ۱۰
میکس	هلبر	۹۴۷۱۷	۹۴۷۲۲	۹۴۷۳۷	۹۴۷۲۵	۹۴۷۳۵	۹۴۷۷۶	۹۴۷۶۱	۹۴۷۷۴	۹۴۷۳۷	۹۴۷۲۵
میکس	ورونا	۱۰۶۷۸۱	۱۰۶۷۴۲	۱۰۶۷۱۳	۱۰۶۷۲۶	۱۰۶۷۷۶	۱۰۶۷۶۱	۱۰۶۷۱۴	۱۰۶۷۷۰	۱۰۶۷۳۵	۱۰۶۷۵۷
میکس	یامی	۱۰۴۷۴۲	۱۰۴۶۹۴	۱۰۴۷۸۵	۱۰۴۷۴۳	۱۰۴۷۷۹	۱۰۴۷۲۸	۱۰۴۷۳۴	۱۰۴۶۹۵	۱۰۴۷۴۷	۱۰۴۷۸۷
فرآوری	کاپوچینو	۹۹۷۸۸	۹۹۷۸۱	۹۹۷۴۲	۹۹۷۱۴	۹۹۷۵۵	۹۹۷۵۳	۹۹۷۸۲	۹۹۷۶۴	۹۹۷۰۷	۹۹۷۲۸
فرآوری	هات‌چاکلت	۹۹۷۱۸	۹۹۷۵۴	۹۹۷۱۳	۹۹۷۲۳	۹۹۷۵۳	۹۹۷۰۹	۹۹۷۹۳	۹۹۷۲۹	۹۹۷۴۶	۹۹۷۲۶

(منبع: یافته‌های پژوهش)

تحلیل ضریب حساسیت قیمت: در یک مدل آماری، بررسی تأثیرپذیری متغیرهای خروجی از متغیرهای ورودی را تحلیل حساسیت می‌نامند. ضریب حساسیت قیمت (α)، که در بازه (۰ و ۱-) مقدار اختیار می‌کند، یکی از پارامترهایی است که در مدل پیشنهادی بررسی شد. با فرض ثابت‌بودن پارامترهای دیگر، تأثیر تغییر α بر تابع مطلوبیت با استفاده از نرم‌افزار متلب در شکل شمارهٔ ۴ نشان داده شده است. افزایش قدر مطلق ضریب حساسیت، نشان‌دهندهٔ افزایش میزان حساسیت مشتریان به تغییرات قیمت کالاهاست. در این حالت، افزایش قیمت کالا، موجب کاهش میزان تقاضا برای آن کالا می‌شود. همانگونه که در شکل شمارهٔ ۴ نیز مشاهده می‌شود، با افزایش ($|\alpha|$)، قیمت تعادلی (نقطهٔ بیشینهٔ تابع مطلوبیت) و درنتیجه، میزان بیشینهٔ سود نیز کاهش می‌یابد.



شکل ۴- تحلیل ضریب حساسیت قیمت

۵- بحث

در مدل پیشنهادی پژوهش حاضر، رقابت بین عرضه‌کنندگان قهوه در یک فضای احتمالی بررسی شد که در آن، خرده‌فروشان، نقش واسطه‌ای داشتند و در تعیین قیمت، دخالتی نداشتند. همچنین، هزینه‌های نگهداری و کمبود موجودی در مدل لحاظ و هزینه‌های مسیریابی نیز با استفاده از مدل پیشنهادی هایمومویچ تقریب زده شد؛ سپس، یک مدل قیمت‌گذاری برای آن ارائه شد که به‌لحاظ پیچیدگی‌های محاسباتی، به‌ازای تعداد بسیار زیاد مشتریان پاسخگو نبود؛ از این‌رو، برای بهبود عملکرد آن، از تقریب توزیع دوجمله‌ای توسط توزیع نرمال استفاده و یک مدل تقریبی نیز ارائه شد. درصد اختلاف نتایج در بین مدل تقریبی و مدل اصلی نشان داد با افزایش تعداد مشتریان،

پاسخ‌های مدل تقریبی به مدل اصلی بسیار نزدیک شد. همچنین، نمودار سرعت محاسبه نیز نشان داد زمان انجام‌دادن محاسبات در تابع اصلی با افزایش تعداد مشتریان افزایش می‌یابد؛ در حالی که این مدت‌زمان در تابع تقریبی، نسبت به افزایش تعداد مشتریان، واکنش نشان نمی‌دهد و در بازه ثابتی باقی می‌ماند. در مرحلهٔ بعد، نقطهٔ تعادل در مدل تقریبی به‌ازای هر یک از انواع دانه‌های قهوه و دو نوع از محصولات فرآوری‌شده محاسبه و در جدول‌های مربوط نمایش داده شد. شاخص‌های آماری تمایل به مرکز و پراکندگی و آزمون تحلیل واریانس نتایج، نشان‌دهندهٔ پایداری و صحت نتایج است؛ اما سنجش اعتبار نتایج حاصل بر مبنای تطبیق و مقایسه با قیمت‌های واقعی موجود در بازار قهوه به‌لحاظ نوسان‌های ارزی و انتظارات تورمی حاصل از آن (در قلمرو زمانی پژوهش) میسر نشد.

از دیدگاه عرضه‌کننده‌ها، بیشترین مقدار سود در زنجیره تأمین، زمانی حاصل می‌شود که تعداد و قیمت عرضه با توجه به تابع تقاضای محصول، در نقطهٔ تعادل بازی همکارانه قرار می‌گیرد؛ زیرا با ایجاد همکاری در بازی، شرایط عرضهٔ انحصاری بر بازی حکم‌فرماست. به‌طور معمول، رسیدن به شرایط بازی همکارانه در بازاری رقابتی میسر نیست. علت این امر از دو سو قابل بحث است: اول اینکه با توجه به بازی برتراند، برای هر یک از بازیکنان، انگیزهٔ کاهش قیمت برای رسیدن به سود بیشتر وجود دارد و درنهایت، قیمت تعادلی، تقریباً برابر هزینهٔ حاشیه‌ای تولید می‌شود. دوم اینکه، با تولید بیشتر، انگیزهٔ بازیکنان نیز برای تصاحب سهم بیشتری از بازار افزایش می‌یابد؛ زیرا در بازی همکارانه، سهم هر یک از عرضه‌کنندگان ثابت فرض می‌شود.

بدیهی است نتایج مربوط به مدل پیشنهادی قیمت‌گذاری، به صحت داده‌های ورودی، وابستگی زیادی دارد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود هنگام استفاده از چنین مدل‌هایی، تغییر در بازار محصول، به‌درستی در مدل اعمال شود. این امر با تشکیل یک واحد تجزیه‌وتحلیل وضعیت محیطی و رقابتی کسب‌وکار در بخش بازاریابی و فروش شرکت‌های تولیدکننده (فرآور) انجام‌شدنی است تا تغییرات سایر رقیبان در مدل قیمت‌گذاری به‌درستی اعمال شود؛ به‌ویژه زمانی که کشت قهوه، در داخل کشور زیاد اتفاق بیفتد، به‌علت کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، وضعیت رقابت را دچار تغییر می‌کند. همچنین، به‌عنوان پیشنهاد کاربردی بعدی، از قیمت و مقدار تولیدی که در نقطهٔ تعادل بازی، برای هر یک از برندهای محصول مورد بررسی محاسبه شده است، به‌عنوان مبنایی برای بررسی و کنترل قیمت‌های بازار از سوی واحدهای نظارتی دولت، می‌توان بهره‌برداری کرد و به تقویت خط مشی‌های توسعه در صنعت فرآوری قهوه یاری رساند.

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه گفته شد، رسیدن به بیشترین سود در شرایط بازی غیرهمکارانه با توجه به تابع تقاضای مناسب انجام می‌شود. در سال‌های اخیر نیز پژوهشگران به استفاده از مدل‌های انتخاب گسسته برای استخراج تابع تقاضا در مدل‌های رقابت قیمت توجه زیادی کرده‌اند و یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مسئلهٔ رقابت قیمت، نوع تابع تقاضای به‌کاررفته است. در مقایسه با پژوهش‌های پیشین، مزیت تابع تقاضای معرفی‌شده در پژوهش حاضر این است که با استفاده از آن، هزینه‌های کمبود و نگهداری موجودی را در یک مدل تک‌دوره‌ای می‌توان در نظر گرفت. این امر در صورتی است که در مطالعات پیشین و کلاسیک، فرض شده است میزان تولید به‌طور دقیق، برابر با میزان سفارش است (سیستم تولید سفارشی) و این پیش‌فرض، از قابلیت تطبیق مدل با واقعیت می‌کاهد. علاوه بر این، تقریبی از

هزینه‌های ناشی از مسیریابی نیز در نظر گرفته شده است و با توجه به اینکه تابع تقاضا، تصادفی است، هر تأمین‌کننده علاوه بر میزان بهینهٔ قیمت باید میزان بهینهٔ تولید را نیز مشخص کند.

گفتنی است با توجه به نتایج مربوط به قیمت تعادلی حاصل، بیشتربودن قیمت تعدادی از برندهای قهوه در هر یک از شرکت‌ها بیشتر به‌علت فاصله با کشورهای مبدأ و بیشتربودن هزینهٔ حمل‌ونقل آنهاست. روش قیمت‌گذاری پیشنهادی، برای زنجیره‌های تأمینی مناسب است که یکپارچگی عمودی کمتری دارند و در مقایسه با سایر روش‌های قیمت‌گذاری، به حجم داده‌های کمتر، اما مرتبط (مانند داده‌های تاریخی فروش یا تقاضا) نیاز دارند.

به‌علت پیچیدگی‌های محاسباتی، در پژوهش حاضر، فقط سه عامل هزینه‌های مسیریابی، نگهداری و کمبود موجودی در نظر گرفته شد؛ پس، این موضوع که وجود سایر عوامل مؤثر ممکن است بر نتایج حاصل اثر بگذارد، بر محدودیت پژوهش دلالت دارد. همچنین، در این پژوهش، دسته‌بندی برندهای قهوه با توجه به انواع عمدهٔ موجود در بازار انجام شده و بدیهی است، عرضهٔ محصولات جدید در این زنجیره بر سلیقهٔ مشتریان و تعادل مورد مطالعه اثر می‌گذارد.

به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از مدل‌های پیشرفته‌تری نسبت به تابع لاجیت استفاده کنند. همچنین، مدل‌سازی مسئله با فرض چنددوره‌ای، مدل را به واقعیت نزدیک‌تر می‌کند. در مدلی دیگر، تابع مطلوبیت تأمین‌کننده را نیز در فضای احتمالی می‌توان بررسی کرد و هزینه‌های موجودی را نیز برای آن در نظر گرفت. در مدل پیشنهادی پژوهش حاضر، قیمت نهایی را تأمین‌کننده تعیین کرد. مدلی را می‌توان ارائه داد که در آن، تأمین‌کنندگان، قیمت فروش کالا به خرده‌فروش را تعیین کنند و خرده‌فروشان با توجه به آن قیمت و هزینه‌های تحمیل‌شده، قیمت نهایی را برای مشتری تعیین کنند. درنهایت، در مطالعهٔ حاضر، تأمین‌کنندگان و خرده‌فروشان به‌صورت جداگانه کوشیدند سود خود را بیشینه کنند؛ ولی برای مطالعات آینده، زنجیره تأمین را یکپارچه و عمودی و بازی مد نظر را تشریک مساعانه می‌توان در نظر گرفت.

References

- Allameh, GH., Esmaili, M., and Tajvidi, T. (2014). “Development of several pricing models in the green supply chain at risk. game theory approach”, *Journal of Industrial Management*, 6(4): 767-789. (in Persian).
- Coelho, L.C., and Laporte, G. (2013). “The exact solution of several classes of inventory-routing problems”, *Journal of Computers and Operations Research*, 40: 558-565.
- Feller, W. (1966). *An Introduction to Probability Theory and Applications*. Volume II. Second Edition. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Gallego, G., and Wang, R. (2014). “Multi-Product Price Optimization and Competition under the Nested Logit Model with Product-Differentiated Price Sensitivities”, *Journal of Operations Research*, 62(2): 1-28.
- Giannakis, M. (2015). “Thanos Papadopoulos, Supply chain sustainability: A risk management approach”, *Int. J. Production Economics*, l6(32): 455-470.
- Huanga, Y., and Rachael. K.F. (2019). “Making Pricing and Inventory Decisions in Supply Chain with Retailer Competition”, *11th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*, 805–807
- Junhai, M.A., and Lei, X. (2016). “Study on the complexity pricing game and coordination of the duopoly air conditioner market with disturbance demand”, *Journal of Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 32: 99–113.

- Kianfar, K., and Pashootanizaeh. M. (2019). "Pricing of the two-level book supply chain, taking into account the possibility of selling e-books in two modes of fixed demand and decreasing demand", *Journal of operation and production management*, 1(1): 83-110. (in Persian).
- Kenneth, J.A., and Debreu, G. (1954). "Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy" , *Econometrica*, 22(3): 265-290. https://www.jstor.org/stable/i332605.
- Li, B., Zhu, M., Jiang, Y., and Li, Z. (2016). "Pricing policies of a competitive dual-channel green supply chain", *Journal of Cleaner Production*, 112(3): 2029-2042.
- Liu, W., Qin, D., Shen, N., Zhang, J., Jin, M., Xie, N., Chen, J., and Chang, X. (2020). "Optimal pricing for a multi-echelon closed loop supply chain with different power structures and product dual differences". *J. Clean. Prod*, 257, 120281.
- Luo, H., Liu, L., and Yang, X. (2019)."Bi-level programming problem in the supply chain and its solution algorithm". *Soft Comput*. 24(4): 2703-2714.
- Mozafari, M. (2019). "Collaborative pricing and advertising in a two-tier supply chain. game theory approach", *Journal of Tomorrow Management* , 58: 191-202. (in Persian).
- Nash, J.F. (1950). "Equilibrium Points in N-person Games". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 36(1): 48–49.
- Sinaie, M., and Rasti, M. (2018). "Pricing and Green Policies in the Green and Non-Green Product Supply Chain, with Government Intervention: A Game Theory Approach", *journal of sharif, Industrial Engineering and Management*, 2: 53-61. (in Persian).
- Rasmusen, E. (2006). *Games and Information: An Introduction to Game Theory*, 4th Edition, New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Taleiezadeh, A., and Rabiei. N. (2018). "Optimizing Pricing Decisions and Ordering in a Two-Tier Supply Chain under Quantitative Discount Contract Policy", *Journal of Modeling in Engineering*, 16(54): 17-27. (in Persian).
- Taleizadeh, A., Moshtagh, S., and Moon, I. (2018). "Pricing, product quality, and collection optimization in a decentralized closed-loop supply chain with different channel structures: Game theoretical approach", *Journal of Cleaner Production*, 189(10): 406-431.
- Yang, D., and Xiao, T. (2017). "Pricing and green level decisions of a green supply chain with governmental interventions under fuzzy uncertainties ", *Journal of Cleaner Production*, 149(15): 1174-1187.

[1]. Taleizadeh et al.
[2]. Yang and et al.
[3]. Li a et al.
[4]. Junhai Ma
[5]. Rasmusen, E.
[6]. Nash, J.F.
[7]. Demand function
[8]. Cost function
[9]. Gallego, G.
[10]. Discrete choice models
[11]. Generalized extreme value
[12]. Nested logit model
[13]. Mixed logit model
[14]. Non-price attributes
[15]. Best Response Correspondence
[16]. Feller, W.
[17]. Kenneth, J.A. and Debreu, G.
[18]. Convex
[19]. Compact
[20]. Quasi concave
[21]. Stationary point
[22]. First order condition
[23]. Logit choice model
[24]. Fixed Newton Method