



**Journal of 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.

---

\* Corresponding author

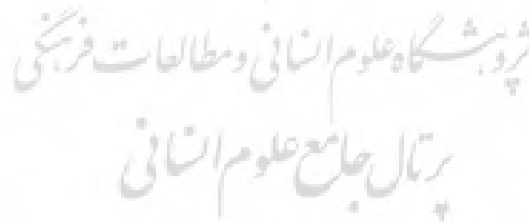


**Practical implications** - In the present study, the equilibrium behaviour of suppliers, retailers and customers in a two-tier supply chain of the coffee supply and distribution industry was investigated in Isfahan city. A price competition model was proposed, and ten active companies were studied 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>

(مقاله پژوهشی)

## قیمت‌گذاری تعادلی در یک زنجیره تأمین سه‌سطحی

داریوش محمدی زنجیرانی\*<sup>۱</sup>، سجاد علامی<sup>۲</sup>

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

**چکیده:** در دنیای امروز و در عرصه 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 در نهایت، 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 کرده‌اند. در مطالعه حاضر و در بررسی موردی از زنجیره تأمین و فرآوری قهوه، یکی از شرکت‌های داخل کشور برای یافتن مناسب‌ترین مقادیر قیمت و حجم تولید برای حداکثرسازی سود و با کاربرد نظریه بازی‌ها بررسی شده است. این مطالعه از نظر هدف، کاربردی و به لحاظ 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 طراحی شده 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، لحاظ کردن هم‌زمان هزینه‌های مسیریابی، کمبود و ذخیره موجودی‌هاست که کاربرد آن در آن دسته از مدل‌های رقابت قیمت که بر پایه مدل‌های انتخاب گسسته استوار است، نادر است.

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

\* نویسنده مسئول



یک زنجیره تأمین شامل شبکه‌ای از تسهیلات و تجهیزات است که وظیفه 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 فناوری‌های اطلاعاتی و تقویت عملیات اجرایی سرآمد سروکار دارد و به کمک فناوری‌های دیجیتال، ارائه 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 هزینه 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، در نتیجه تشدید رقابت و افزایش سطح انتظارات مشتریان، اعضای زنجیره تأمین نیز برای ادامه 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 در اصطلاح، پارامترهای رقابتی اعضای زنجیره نام دارد. با فرض ثبات در فناوری 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 نظریه بازی‌ها، این پایداری، نقطه تعادل مسئله نامیده می‌شود و اهمیت ویژه‌ای دارد. چارچوب نظری مطالعه 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 زمینه دستیابی به نقطه 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، درباره 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 مسئله رقابت قیمت، نوع تابع تقاضای به کار رفته است. مزیت تابع تقاضای پیشنهادی در مطالعه 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 جامعه 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، هزینه 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 نظریه 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 دو جمله‌ای، 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، مسئله اصلی در پژوهش حاضر، تعیین قیمت تعادلی در یک زنجیره تأمین دو مرحله‌ای در حضور هزینه‌های مسیریابی و موجودی کالا و تعیین مقدار بهینه تولید برای دستیابی به بیشترین سود در یک بازار رقابتی است. چارچوب نظری در این حوزه پژوهشی، پیوستاری از رویکردها یا استراتژی‌های مختلف مورد استفاده در مدل‌سازی زنجیره‌های تأمین غیرمتمرکز، کاربرد نظریه بازی و درنهایت، مطالعات پایداری را دربرمی‌گیرد. از جمله مهم‌ترین مطالعات مرتبط با این حوزه به موارد ذیل می‌توان اشاره کرد:

کیانفر و همکاران (۱۳۹۸) به تعیین قیمت‌های بهینه عمده‌فروشی و نهایی کتاب‌های چاپی و الکترونیک، تعیین و مقایسه سود نهایی اجزای زنجیره تأمین کتاب و بررسی مقادیر بهینه 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 نظریه بازی‌ها برای مدل‌سازی و حل هم‌زمان متغیرهای قیمت، مقدار سفارش اقتصادی، هزینه تبلیغات خرده‌فروش و سازنده در نقطه تعادل بازی بهره گرفته شده است. نتایج نشان داد در بازی همکارانه، نسبت به زنجیره نامتمرکز، افزایش هزینه 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 قیمت‌گذاری بهینه و تعیین درجه سبزه بهینه در دو حالت متمرکز و غیرمتمرکز را بررسی کردند. طالع‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) با طراحی قرارداد تخفیف مقداری، تابع سود سازمان‌ها را مطالعه کردند. محمدنژاد و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی، مسئله قیمت‌گذاری محصول را در یک زنجیره تأمین حلقه بسته 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 درجه 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 استکلبرگ بررسی و تحلیل کردند.

طالعی‌زاده و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸)، استراتژی‌های قیمت‌گذاری و تصمیم‌گیری درباره کیفیت و کوشش تولیدکننده و خرده‌فروش را بررسی کردند که در دو نوع زنجیره تأمین حلقه بسته فعالیت می‌کردند. یانگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۷) نیز برای ارتقا و توسعه 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 هزینه تولید و تقاضای مصرف‌کننده توسعه داده‌اند. لی و همکاران<sup>۳</sup> (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<sup>۴</sup> (۲۰۱۶) نیز قیمت‌گذاری در بازار تجهیزات تهویه مطبوع در فصول مختلف را با یک تابع تقاضای متمرکز بررسی کرد و تحلیل‌های مربوط به تکنیک نظریه 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 نظریه بازی‌ها مسئله 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. در ادامه، مفاهیم لازم و روش پیشنهادی پژوهش حاضر، ارائه و در نهایت، برای ترسیم کاربردهای واقعی این مدل، زنجیره تأمین و فرآوری قهوه در سطح شهر اصفهان بررسی شده است.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

نظریه بازی‌ها، در تعریف کلی، مجموعه‌ای از ابزارهای تحلیلی است که به درک پدیده‌ها کمک می‌کند. هر تصمیم‌گیرنده‌ای در نظریه بازی‌ها می‌داند که تصمیم او بر سایر تصمیم‌گیرندگان تأثیر می‌گذارد (راسموسن<sup>۵</sup>، ۱۹۹۴)؛ به عبارت دیگر، در نظریه بازی‌ها، تصمیم‌گیرندگان، فعل و انفعالات و آثار متقابلی بر یکدیگر دارند و در مطالعه این مسائل، توجه به این دو فرض ضروری است. از جمله 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 حوزه قواعد بازی است؛ به‌گونه‌ای که نشان دهد در این وضعیت، چه اتفاقی رخ می‌دهد.

تفاوت یک مسئله مربوط به نظریه 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 نقطه 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. رابطه ریاضی مربوط به این نقطه را اولین بار، جان فاریس نش<sup>۶</sup> (۱۹۵۰) مطرح کرد. البته این مفهوم در بازی را نخستین بار، کورنو در سال ۱۸۳۸ به کار برد.

مدل‌های رقابت قیمت در نظریه بازی‌ها با نام «رقابت برتراند» شناخته می‌شود که در آنها، قیمت به‌عنوان یک متغیر تصمیم در مسئله مد نظر وارد می‌شود (مظفری، ۲۰۱۹). چارچوب رقابت برتراند در مطالعه حاضر به این شرح است که در آن،  $n$  تولیدکننده وجود دارند که اقلامی متمایز و دارای قابلیت جایگزینی تولید می‌کنند و برای پیشینه کردن 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 از نظر مشتری متفاوت است. منظور از محصولات دارای قابلیت جایگزینی و متمایز بودن، کالاهایی است که یک نوع از نیاز مشتری را برطرف می‌کند و می‌تواند از لحاظ کیفیت، متفاوت باشد (گالگو، ۲۰۱۴). تابع سودی نیز که معمولاً برای هر شرکت در نظر گرفته می‌شود، یک تابع پیشینه‌سازی است و برابر با درآمد حاصل از فروش کالاها منهای هزینه‌های ناشی از تولید، ذخیره موجودی، مسیریابی و حمل‌ونقل است. نمایش ریاضی یک مسئله رقابت قیمت در حالت کلی به شکل ذیل است:

$$\pi_i = p_i d_i(P) - C_i(d_i(P)) \quad (1)$$

در رابطه شماره ۱، متغیر  $p_i$  قیمت انتخاب‌شده توسط شرکت  $i$ ام،  $C_i$  تابع هزینه شرکت  $i$ ام و  $d_i(P)$  میزان تقاضا برای شرکت  $i$ ام است و  $P$  بردار قیمت در همه 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:

$$P_{-i} = (p_1, \dots, p_{i-1}, p_{i+1}, \dots, p_n) \quad (2)$$

توجه شود که در رابطه شماره 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<sup>۷</sup> و تابع هزینه<sup>۸</sup> دارد.

تابع تقاضا به‌طور عمده، به‌عنوان تابعی از قیمت در نظر گرفته می‌شود و رابطه 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، ۲۰۱۴).

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

برای ایجاد تابع تقاضا از مدل‌های دارای توزیع گسسته<sup>۱۰</sup> 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 از جمله مدل‌هایی که در چنین شرایطی به خوبی، رفتار مشتریان را نشان می‌دهد، مدل‌های انتخاب گسسته است.

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

در این پژوهش، از مدل انتخاب گسسته لاجیت به عنوان تابع تقاضا استفاده می‌شود که احتمال انتخاب گزینه  $j$  توسط تصمیم‌گیرنده  $m$  به صورت ذیل است:

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

گفتنی است از آنجا که در مطالعه حاضر، گزینه انتخاب نکردن هیچ کدام از گزینه‌ها نیز مطرح است، رابطه شماره ۳ به صورت رابطه شماره ۴ تغییر می‌یابد (گالگو، ۲۰۱۴):

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

باید توجه داشت در مدل لاجیت، انتخاب‌های ممکن در یک دوره زمانی، مستقل از یکدیگر است. مدل‌های دیگری مانند مدل ارزش نهایی تعمیم‌یافته<sup>۱۱</sup>، مدل لاجیت آشیانه‌ای<sup>۱۲</sup> و مدل لاجیت مختلط<sup>۱۳</sup> نیز توسعه یافته است که در قلمرو فرضیات مطالعه حاضر نیست. در یک مدل ساده، مطلوبیت مشتری  $m$  از کالای شرکت  $i$  را به صورت رابطه ذیل می‌توان در نظر گرفت:

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

در رابطه شماره ۵،  $p_i$  قیمت محصول شرکت  $i$ ام،  $\alpha$  پارامتر حساسیت قیمت و  $x_i$  بردار مشخصه‌های غیرقیمتی<sup>۱۴</sup> محصول شرکت  $i$ ام است و همچنین،  $\beta_i$  تابعی از این مشخصه‌ها و برابر مقدار ثابت  $a_i$  است که عددی کوچک‌تر از صفر است؛ بنابراین، به جز قیمت، عوامل دیگری از جمله 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 نمی‌شود؛ بنابراین، با توجه به روابط شماره ۴ و ۵، احتمال انتخاب کالای شرکت نام توسط مشتری دلخواه را به صورت ذیل می‌توان تعریف کرد:

$$s_i = \frac{e^{a_i + ap_i}}{1 + \sum_{j=1}^n e^{a_j + ap_j}} \quad (6)$$

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 نام  $(D_i)$ ، عددی مانند  $d (0 \leq d \leq M)$  باشد، از یک توزیع دوجمله‌ای با پارامترهای  $(M, s_i)$  پیروی می‌کند و با استفاده از رابطه شماره (۷) به دست می‌آید.

$$Prob(D_i = d) = \binom{M}{d} (s_i)^d (1 - s_i)^{M-d} \quad (7)$$

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

اگر میزان تقاضا در تأمین‌کننده نام از میزان تولید آن کمتر باشد و  $h_i$  میزان هزینه نگهداری به ازای یک واحد موجودی باشد، آنگاه  $H_i = h_i(y_i - d)$  هزینه نگهداری تأمین‌کننده نام است. همچنین، اگر میزان تقاضا در تأمین‌کننده نام از میزان تولید آن بیشتر باشد و  $b_i$  میزان هزینه کمبود موجودی به ازای یک واحد کالا باشد، آنگاه  $B_i = b_i(d - y_i)$  هزینه کمبود تأمین‌کننده نام است؛ بنابراین، تابع سود شرکت نام  $(\pi_i)$  را به صورت ذیل می‌توان در نظر گرفت:

$$\begin{aligned} \pi_i(P, y_i) &= \pi_i((p_i, P_{-i}), y_i) \\ &= \sum_{d=0}^{y_i-1} (p_i d - h_i(y_i - d)) \binom{M}{d} (s_i)^d (1 - s_i)^{M-d} \\ &+ \sum_{d=y_i}^M (p_i y_i - b_i(d - y_i)) \binom{M}{d} (s_i)^d (1 - s_i)^{M-d} - c_i y_i - VRP_i(P) \end{aligned} \quad (8)$$

در عبارت شماره ۸، هزینه مسیریابی شرکت نام با  $VRP_i(P)$  نشان داده شده است که با تقریب هزینه مسیریابی شرکت نام براساس تابع تقاضا با استفاده از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$VRP_i(P) = \frac{2}{Q} \sum_{j=1}^k L_{ij} M_j s_i + (1 - \frac{1}{Q}) T_i^* \quad (9)$$

در عبارت شماره ۹،  $L_{ij}$  هزینه حمل از شرکت نام به خرده‌فروشی نام است. همچنین،  $Q$  ظرفیت وسایل نقلیه،  $k$  تعداد خرده‌فروشی‌ها و  $T_i^*$  هزینه بهینه حاصل از حل مسئله فروشنده دوره‌گرد است؛ بنابراین:

$$v_i = \frac{2}{Q} \sum_{j=1}^k L_{ij} M_j \quad (10)$$

همانگونه که ملاحظه می‌شود، قیمت همه تولیدکنندگان در تعیین سود هر یک از تولیدکننده‌ها، مؤثر است؛ بنابراین، در این وضعیت، نظریه بازی‌ها مطرح می‌شود و مسئله اصلی، یافتن نقطه تعادل بازی است؛ درجایی که هیچ‌یک از تولیدکنندگان (بازیکنان)، انگیزه تغییر استراتژی انتخاب شده 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<sup>۱۵</sup> گفته می‌شود (سینایی، ۲۰۱۸). بهترین پاسخ بازیکن نام از طریق برابر صفر قرار دادن مشتق جزئی تابع سود نسبت به متغیر قیمت خود ( $p_i$ ) حاصل می‌شود که در رابطه شماره ۱۱ نشان داده شده است.

$$\frac{\partial \pi_i(P, y_i)}{\partial p_i} = \sum_{d=0}^{y_i-1} \left[ \frac{d \binom{M}{d} (s_i)^d (1-s_i)^{M-d} + (p_i d - h_i(y_i - d)) \alpha \binom{M}{d} (s_i)^d (1-s_i)^{M-d} (d - M s_i)}{y_i \binom{M}{d} (s_i)^d (1-s_i)^{M-d} + (p_i y_i - b_i(d - y_i)) \alpha \binom{M}{d} (s_i)^d (1-s_i)^{M-d} (d - M s_i)} \right] - \alpha v_i s_i (1-s_i) \quad (11)$$

باید توجه داشت در رابطه شماره ۱۱، متغیر  $y_i$  گسسته و مشتق جزئی تابع بر حسب  $y_i$  بی‌معناست؛ بنابراین، یافتن میزان تولید بهینه، در اساس، مسئله غیرخطی عدد صحیح است و رابطه‌ای که برای شرکت نام ایجاد می‌شود نیز یک مسئله بهینه‌سازی دومتغیره  $(p_i, y_i)$  است. در صورتی که به‌ازای هر بازیکن  $i = 1, 2, \dots, n$  رابطه شماره ۱۱ برابر صفر قرار داده شود، یک دستگاه معادلات تشکیل می‌شود که نقطه تعادل بازی را تعیین می‌کند. این معادلات، حتی با فرض ثابت بودن 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 قضیه شماره ۱ بیان شده است.

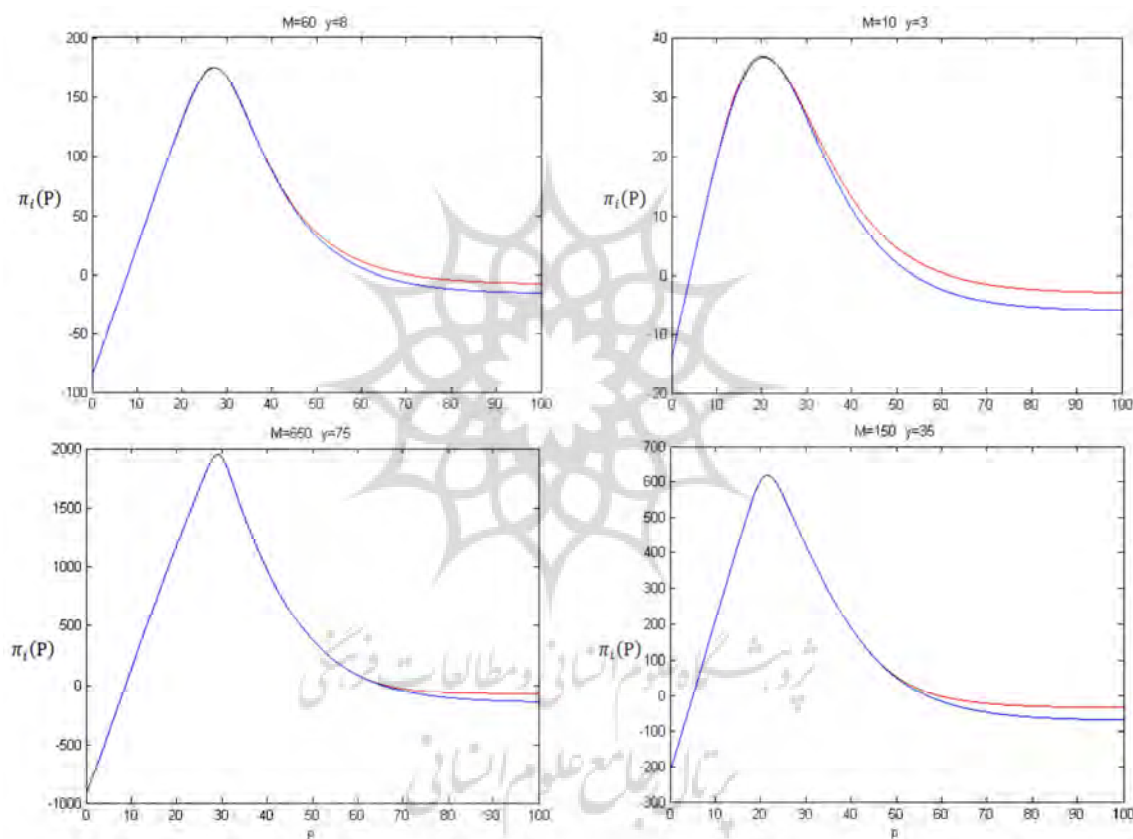
**قضیه ۱:** قضیه لاپلاس دموآور (فلر<sup>۱۶</sup>، ۱۹۶۸): برای  $n$ های بزرگ از رابطه ذیل می‌توان استفاده کرد:

$$\binom{n}{k} p^k q^{n-k} \cong \frac{1}{\sqrt{2\pi p q}} e^{-\frac{(k-np)^2}{2npq}} ; p+q=1 ; p, q > 0 \quad (12)$$

بر اساس قضیه ۱۲، با تغییر متغیر  $k_i = \frac{y_i - M s_i}{\sqrt{M s_i (1-s_i)}}$ ، رابطه شماره ۱۳، تقریبی از تابع سود شرکت نام است که در آن، زوج  $(P, k_i)$  به‌جای زوج  $(P, y_i)$  متغیرهای تصمیم مسئله است.

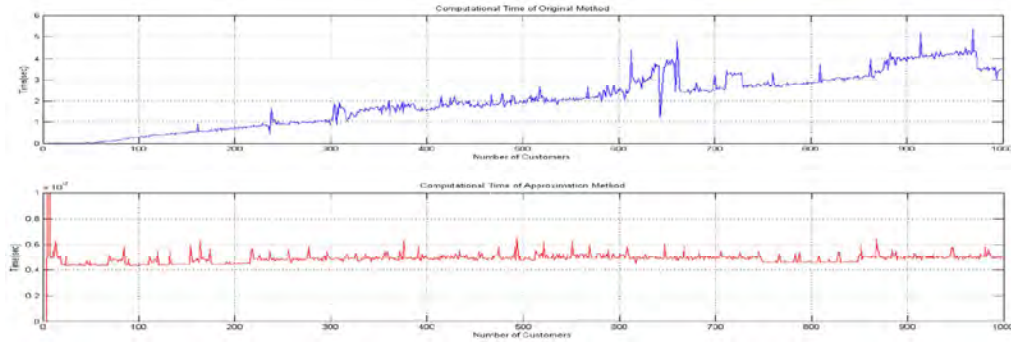
$$\begin{aligned} \pi_i(P) &= \pi_i(p_i, P_{-i}) \\ &\cong p_i M s_i - h_i k_i \sigma_i + (p_i + b_i + h_i)(k_i \sigma_i) \int_{k_i}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z_i^2} dz_i \\ &+ (p_i + b_i + h_i)(-\sigma_i) \int_{k_i}^{\infty} z_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z_i^2} dz_i - c_i(M s_i + k_i \sigma_i) - v_i s_i - (1 - \frac{1}{Q})T_i^* \end{aligned} \quad (13)$$

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



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

در شکل شماره ۱، روند رو به کاهش فاصله دو مدل دقیق و تقریبی در نتیجه افزایش تعداد مشتریان و مقدار تولید، نشان‌دهنده 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، درباره زمان محاسبه برای مدل دقیق و تقریبی نیز نتایج تحلیل‌های مقایسه‌ای در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- مقایسه زمان محاسبه مدل دقیق و تقریبی

شکل شماره ۲ نشان می‌دهد افزایش تعداد مشتریان در مدل اصلی، افزایش مدت زمان 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 مطالعه موردی در پژوهش حاضر)، مسئله راحل نمی‌کند.

برای محاسبه نقطه تعادل، با فرض  $1 - s_i = q_i$ ، انحراف معیار نیز در توزیع دو جمله‌ای  $(\sigma_i)$ ، از رابطه ذیل به دست می‌آید:

$$\sigma_i = \sqrt{Ms_i q_i} \quad (14)$$

بنابراین، مشتق جزئی انحراف معیار در توزیع دو جمله‌ای به صورت ذیل است:

$$\frac{\partial \sigma_i}{\partial p_i} = \frac{Mas_i q_i (q_i - s_i)}{\sqrt{Ms_i q_i}} = L_i \quad (15)$$

توجه شود که تابع  $\pi_i(p_i, k_i)$  به ازای  $i = 1, 2, \dots, n$  تابعی از متغیرهای  $(p_i, k_i)$  است و مشتق جزئی تابع سود برحسب  $p_i$  به صورت رابطه شماره ۱۶ و مشتق تابع سود برحسب  $k_i$  به صورت رابطه شماره ۱۷ است.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\pi_i(p_i, P_{-i}))}{\partial p_i} &= Ms_i + p_i Mas_i q_i - h_i k_i L_i + k_i \int_{k_i}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z_i^2} dZ_i [\sigma_i + L_i(p_i + b_i + h_i)] \\ &\quad - \int_{k_i}^{\infty} Z_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z_i^2} dZ_i [\sigma_i + L_i(p_i + b_i + h_i)] - \alpha v_i s_i (1 - s_i) \\ &\quad - c_i (Mas_i q_i + k_i L_i) = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\pi_i(p_i, P_{-i}))}{\partial k_i} &= -h_i \sigma_i + (p_i + b_i + h_i) \sigma_i \left[ \int_{k_i}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z_i^2} dZ_i + k_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}k_i^2} \right] + (p_i + b_i + \\ &\quad h_i) (-\sigma_i) \left[ k_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}k_i^2} \right] - c_i \sigma_i = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

بررسی برقراری تعادل در بازی، یکی از مهم‌ترین نکاتی است که در مسئله‌ای مربوط به نظریه بازی‌ها مطرح می‌شود؛ زیرا ممکن است در یک بازی در اساس، نقطه 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، به صورت ذیل است:

**قضیه ۲:** در یک بازی به شکل استراتژیک، اگر به‌ازای تمامی بازیکنان (تمام  $i$ ها) روابط ذیل برقرار باشد، برقراری تعادل در بازی تضمین می‌شود (کینت و دبرو<sup>۱۷</sup>، ۱۹۵۴):

- فضای انتخاب یعنی  $A_i$ ، محدب<sup>۱۸</sup> و فشرده<sup>۱۹</sup> 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<sup>۲۰</sup> باشد.

علاوه بر این، قضیه مذکور بیان می‌کند در صورتی که هر کدام از توابع  $u_i$  نقطه ایستا<sup>۲۱</sup> داشته باشد، نقطه تعادل بازی از حل سیستم معادلات شرایط مرتبه اول<sup>۲۲</sup> به دست می‌آید.

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

#### ۴- مطالعه کاربردی

در مطالعه حاضر به بررسی رفتار تعادلی در یک زنجیره تأمین دومرحله‌ای (در بین توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان 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) هزینه نگهداری و کمبود هر واحد کالا در شرکت‌های تولیدکننده؛
  - ۴) هزینه 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) هزینه 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 محاسبه پارامترها و متغیرهای مسئله و تحقق اهداف پژوهش از تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی شرکت‌های واردکننده دانه‌های قهوه و خرده‌فروشان قهوه در سطح شهر اصفهان استفاده شده است.

مانند سایر مسائل مربوط به رقابت قیمت، در این پژوهش از نظریه بازی‌ها برای محاسبه رفتار تعادلی زنجیره تأمین قهوه در سطح شهر اصفهان استفاده شده است. در این پژوهش، با استخراج یک تابع تقاضای تصادفی براساس مدل لاجیت<sup>۲۳</sup>، مدلی رقابتی پیشنهاد و بررسی شده است. مزیت تابع تقاضای معرفی شده 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 این رو، برای بهبود عملکرد آن با استفاده از تقریب توزیع دو جمله‌ای توسط توزیع نرمال، مدلی تقریبی نیز ارائه و در نهایت، نقطه تعادل از حل یک دستگاه معادلات غیرخطی (روش نیوتن) حاصل شده است.

اگر فرض شود  $F(x)$  تابعی پیوسته و مشتق‌پذیر و  $r$  ریشه معادله  $F(x) = 0$  باشد، برای دستیابی به ریشه  $r$ ، تقریب مورد اشاره با تخمین عددی مانند  $x_0$  شروع و با آن، تخمین بهبودیافته 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 لحاظ کردن تقریب خطی تابع  $F$  در حدس اولیه  $x_0$  ناشی می‌شود. به بیان محاسباتی، تقریب خطی تابع  $F$  در  $x_0$  برای بردارها و توابع برداری، مقداری به‌صورت ذیل است:

$$F(X) \approx F(X_0) + DF(X_0)(X - X_0) \quad (18)$$

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:

$$DF(X_0) = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1}(X_0) & \frac{\partial F_1}{\partial x_2}(X_0) & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_n}(X_0) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1}(X_0) & \frac{\partial F_n}{\partial x_2}(X_0) & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial x_n}(X_0) \end{bmatrix} \quad (19)$$

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

$$DF(X_0)\Delta X = -F(X_0); \Delta X = X_1 - X_0 \quad (20)$$

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

$$X_1 = X_0 - (DF(X_0))^{-1}F(X_0) \quad (21)$$

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

۱- معادله  $DF(X_i)\Delta X = -F(X_i)$  برای محاسبه  $\Delta X$  حل شود.

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

زمانی که  $\Delta X$  دیگر تغییر نکند، ( $\Delta X=0$ )، این روند خاتمه می‌یابد؛ یعنی جواب به دست آمده با جواب قبلی یکسان باشد یا زمانی که  $\Delta X$  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 در نتیجه، 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  $FN^{24}$  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؛ در نتیجه، دستیابی به جواب با استفاده از این روش، تضمین می‌شود.

داده‌های مربوط به تعداد مشتریان در هر یک از خرده‌فروشی‌ها، هزینه نگهداری و کمبود هر واحد کالا در شرکت‌های عرضه‌کننده، هزینه تولید (فرآوری و بسته‌بندی) هر واحد کالا در این شرکت‌ها، تعداد کل کالاهای تولیدشده، هزینه 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 ماهه اول سال

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

همچنین، یادآوری می‌شود، تمامی انواع دانه‌های قهوه، وارداتی است و سهم بسیار کمی از دانه‌ها در منطقه 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 محاسبه مقدار بهینه تولید باید ابتدا مقدار  $k$  بهینه متناظر محاسبه شود که نتایج در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

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

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



شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	انواع دانه قهوه و فرآوری	
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱			
۰/۰۶	۰/۳۰۸	۰/۸۳۸	۰/۶۸۵	۰/۰۹۴	۰/۱۲۱	۰/۵۷۷	۰/۲۶۲	۰/۸۳۲	۰/۹۰۸		ایگل	میکس
۰/۰۷۷	۰/۹۱۸	۰/۹۴	۰/۷۶۲	۰/۸۴۷	۰/۳۹	۰/۹۸۳	۰/۷۹۹	۰/۳۴۴	۰/۶۳۱		پانیک	میکس
۰/۱۰۷	۰/۵	۰/۰۸	۰/۸۸	۰/۹۹۷	۰/۹۴۷	۰/۹۷۱	۰/۰۷۲	۰/۳۶۶	۰/۲۸۵		تورتو	میکس
۰/۱۳۳	۰/۳۸۶	۰/۴۴۷	۰/۵۷۸	۰/۹۰۸	۰/۷۸۶	۰/۰۵۷	۰/۸۲۴	۰/۶۶۸	۰/۱۷۸		دراگون	میکس
۰/۹۸	۰/۵۵۶	۰/۴۹۹	۰/۷۰۷	۰/۴۸۳	۰/۸۱۱	۰/۲۰۴	۰/۴۵۴	۰/۹۴۷	۰/۵۹۴		فالکن	میکس
۰/۷۸۹	۰/۸۴	۰/۱۸۸	۰/۹۲۸	۰/۸۳۱	۰/۶۷۸	۰/۷۰۵	۰/۷۱۲	۰/۵۷۵	۰/۱۴۷		فایتر	میکس
۰/۰۷	۰/۵۷۶	۰/۰۵۷	۰/۳۵۳	۰/۱۷۷	۰/۲۲۸	۰/۷۱۸	۰/۳۰۷	۰/۹۴۹	۰/۴۶۵		کارینا	میکس
۰/۴۱۲	۰/۶۰۹	۰/۴۱۸	۰/۵۰۳	۰/۰۲۷	۰/۸۲۹	۰/۷۱۹	۰/۲۲۴	۰/۴۰۲	۰/۷۶۹		لاورز	میکس
۰/۳۰۴	۰/۷۲۸	۰/۸۰۱	۰/۴۰۳	۰/۹۴۴	۰/۵۰۶	۰/۶۱۸	۰/۸۶	۰/۵۹۳	۰/۱۶۸		هلبر	میکس
۰/۶۳۲	۰/۳۴۶	۰/۰۶۶	۰/۷۱۸	۰/۲۸۱	۰/۵۱۸	۰/۰۵۹	۰/۵۴۵	۰/۶۴۵	۰/۲۸۱		ورونا	میکس
۰/۴۷۸	۰/۲۳۹	۰/۲۵۵	۰/۱۴	۰/۳۶۷	۰/۹۴۴	۰/۸۰۳	۰/۴۸۷	۰/۰۸۴	۰/۵۶۶		یامی	میکس
۰/۷۸۸	۰/۴۵۳	۰/۰۴۱	۰/۳۱۵	۰/۵۴۹	۰/۵۰۹	۰/۸۱۳	۰/۲۰۲	۰/۴۲۳	۰/۳۴۶		کاپوچینو	فرآوری
۰/۴۹	۰/۶۰۷	۰/۳۸۴	۰/۳۵۷	۰/۵۹۷	۰/۸۴۲	۰/۹۰۶	۰/۰۱۳	۰/۶۹۳	۰/۶۸۸		هات چاکلت	فرآوری

(منبع: یافته‌های پژوهش)

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

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

شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	انواع دانه قهوه و فرآوری	
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱			
۲۰۳۲۴	۲۱۵۰۳	۶۴۷۵	۴۶۰۵۵	۷۷۶۴	۴۶۴۶۵	۴۵۸۶۷	۷۲۳۶۴	۷۰۰۳۹	۶۷۴۷۰		RP	روستا
۵۴۹۸۹	۱۴۳۰۷	۴۴۳۰۰	۱۸۶۹۳	۴۲۴۰۲	۴۹۲۷۲	۷۶۲۵۴	۷۰۳۷۸	۵۵۳۹۷	۵۶۳۹		اندونزی	روستا
۴۸۹۹۷	۲۴۲۷۳	۴۱۴۶۴	۴۹۹۱۳	۶۳۹۱	۶۰۱۹۵	۴۸۴۲۷	۶۱۵۳۲	۴۱۳۸۲	۶۳۰۰۹		اوگاندا روستا	روستا
۴۶۲۶۳	۵۲۸۵۱	۲۷۰۹۶	۷۷۷۹۵	۶۴۹۰۰	۲۳۰۳۷	۷۷۹۵۹	۱۱۵۱۸	۳۹۲۱۹	۶۱۰۱۷		EK	روستا
۷۵۳۶۰	۴۶۵۸۷	۵۲۰۳۹	۴۶۴۷۷	۱۳۶۳۸	۷۴۳۱۲	۸۸۳۴	۶۹۳۲۰	۸۱۲۳	۷۰۶۰۲		PB	روستا
۱۸۸۹۵	۴۰۳۸۴	۲۲۹۳۵	۵۲۷۲۹	۵۰۹۷۷	۱۶۶۹۲	۵۴۱۶۲	۶۴۱۰۴	۶۱۹۹	۴۵۷۶۴		PB super	روستا
۷۰۵۹۴	۶۶۹۵۹	۲۱۵۸۵	۶۱۵۴	۵۹۳۹۹	۱۹۸۰	۲۱۶۳۸	۵۳۷۸۵	۷۴۷۱۷	۱۳۹۶۶		جاوا روستا	روستا
۲۳۹۱۲	۲۲۷۹۳	۵۳۶۱۳	۹۳۵۱	۹۳۱۲	۱۵۲۲۷	۴۸۲۳۵	۳۹۰۹۸	۳۲۰۶۷	۷۵۹۳۸		چری	روستا
۷۰۴۶۲	۶۳۳۱۰	۶۳۴۳۸	۶۳۹۰۱	۷۸۹۲۷	۴۷۹۲	۵۳۷۱۶	۲۳۹۳۹	۶۹۶۶۷	۶۳۳۰۹		ویتنام	روستا
۲۲۷۸۳	۴۱۷۵۱	۶۳۸۶۰	۲۸۲۲۲	۱۱۷۹۵	۴۰۲۱۱	۶۹۳۸۶	۵۸۴۰۴	۶۶۵۸	۱۵۶۵۱		اتیوپی	عربیکا
۱۵۶۷	۴۸۰۲۱	۷۱۴۵۷	۱۲۲۸۹	۵۳۸۱۴	۴۷۴۰۶	۴۵۳۸	۴۶۴۹۴	۱۹۸۲۳	۵۴۷۰۰		اوگاندا عربیکا	عربیکا
۴۵۴۲۳	۵۶۱۴۳	۶۹۲۵۹	۳۵۳۸۹	۶۰۴۰۵	۷۶۰۸۳	۵۷۲۸۹	۴۱۲۲	۶۸۲۱۲	۳۰۶۳۸		برزیل	عربیکا
۷۷۰۰۹	۴۸۹۸۱	۱۱۳۵۵	۶۷۸۱۵	۱۰۰۹۴	۱۶۷۱۴	۷۳۳۰۴	۷۸۰۱۶	۷۷۰۹۲	۵۷۸۱۱		پرو	عربیکا
۶۵۰۸۱	۱۶۲۸۸	۲۱۵۸	۴۹۶۴	۷۲۰۷۳	۸۸۲۷	۶۲۱۱۸	۲۷۰۴۶	۶۳۱۲۵	۷۴۹۸		PL	عربیکا

شرکت ۱۰	شرکت ۹	شرکت ۸	شرکت ۷	شرکت ۶	شرکت ۵	شرکت ۴	شرکت ۳	شرکت ۲	شرکت ۱	انواع دانه قهوه و فراوری	
۳۸۴۰۵	۳۴۲۵۸	۷۹۷۶۰	۷۳۱۴	۳۱۷۸۲	۲۹۰۷۵	۷۱۰۲۳	۴۰۵۸	۲۷۳۴۵	۵۱۱۴۵	تازانیا	عربیکا
۵۳۲۷۱	۶۶۴۸۹	۳۸۸۵۶	۶۰۹۵۴	۲۹۹۴۴	۲۴۳۳۵	۷۳۸۲۹	۳۳۷۸۱	۲۶۸۰۱	۶۲۲۸۶	تولیمبا	عربیکا
۶۲۲۰۱	۶۲۹۴۲	۷۸۹۴۲	۳۴۳۹۸	۴۰۷۵۶	۱۸۷۶۵	۴۰۵۲۲	۶۹۷۵۵	۶۲۰۲۸	۲۵۱۷۶	جاوا عربیکا	عربیکا
۳۳۹۵۳	۱۳۵۵۲	۶۷۵۱۱	۷۷۴۸۸	۲۰۵۵۲	۷۸۷۲۲	۷۴۴۱۰	۵۲۹۷۷	۲۲۳۷۲	۴۵۲۱۸	سوماترا	عربیکا
۵۶۰۵۲	۵۵۴۲۷	۸۶۱۲	۱۸۴۹۸	۱۳۱۶۶	۶۹۴۸۰	۴۴۴۶۶	۶۹۳۹	۷۶۸۳۲	۱۰۷۲۸	کاستاریکا	عربیکا
۲۰۲۰۴	۶۹۹۱۴	۱۴۹۷۶	۴۱۴۲۸	۳۷۰۱۹	۲۹۱۳۷	۷۹۲۹	۲۱۷۰۴	۳۳۶۰۴	۴۱۸۰۶	کلمبیا	عربیکا
۳۷۵۸۱	۵۵۹۰۴	۴۴۳۸	۲۲۰۵۷	۴۵۷۶۰	۴۵۱۱۸	۲۴۸۲۲	۵۲۲۸۸	۶۵۳۶۴	۵۶۴۶۳	کنیا	عربیکا
۷۲۹۴	۲۴۰۴۸	۲۱۶۲۸	۵۲۳۴۶	۲۸۵۵۷	۶۸۱۲۴	۱۴۶۵۹	۱۱۲۴۹	۶۹۹۶۳	۷۵۸۰	گواتمالا	عربیکا
۷۰۳۷	۱۱۷۸۳	۴۵۶۳۲	۳۵۶۴۹	۲۵۲۰۷	۳۹۶۱۰	۵۷۲۳۴	۴۳۳۹۸	۹۷۱۹	۷۷۴۷	ماراگو مکزیک	عربیکا
۲۹۱۰۴	۶۵۹۹	۵۲۶۲	۱۰۲۷۸	۶۸۷۹۶	۲۳۳۶۶	۱۰۷۱۹	۴۴۷۴۵	۷۶۵۴۹	۳۳۷۲۳	مالوی	عربیکا
۳۶۴۶	۱۰۵۵۳	۶۱۱۲۳	۶۸۴۲۵	۳۸۹۶۵	۳۵۵۴۲	۴۲۵۰۸	۳۰۶۳۲	۳۸۳۰۷	۶۳۰۸	نیکاراگوئه	عربیکا
۲۲۱۵۶	۳۳۲۰۵	۱۸۴۰۰	۴۳۴۰	۶۸۶۰۱	۵۲۲۲۹	۷۷۵۳۷	۷۸۰۴۳	۱۱۱۶۳	۱۹۹۹۴	هندوراس	عربیکا
۱۵۴۸۱	۷۱۶۰۲	۱۰۱۹۴	۱۸۹۶۹	۴۹۳۴۷	۲۳۳۲۹	۵۵۸۶۲	۵۹۰۷۹	۵۰۹۹۲	۴۳۴۹۱	دومینگو	عربیکا
۵۹۱۱۴	۵۰۰۶۹	۲۵۰۷۵	۵۳۷۷۴	۲۵۷۸۰	۵۰۷۷۰	۸۵۳۱	۵۶۲۶۵	۶۵۵۰۷	۶۶۳۳۳	لیبریکا	لیبریکا
۴۳۳۵۰	۱۲۸۱۸	۲۰۵۶۶	۳۴۴۸۲	۱۴۴۸۴	۳۶۲۵۰	۱۳۷۱۵	۱۸۷۹۱	۳۶۴۷	۲۲۶۹	ایگل	میکس
۷۹۵۵۲	۵۱۴۰۶	۵۷۰۷۲	۴۴۰۲۸	۳۸۶۶۸	۱۳۸۱۶	۶۵۳۳۷	۵۳۶۲۷	۴۹۸۲۳	۳۲۱۱۷	پانیک	میکس
۶۲۵۲۴	۵۳۱۰۲	۱۲۱۶۷	۳۱۱۸۵	۴۷۹۹۸	۵۷۳۹۵	۳۵۸۲۵	۲۲۹۷۲	۴۵۵۱۷	۴۲۰۴۶	تورنتو	میکس
۱۱۷۴۳	۶۱۹۲۰	۴۳۸۸۵	۱۱۰۷۶	۲۵۶۹۱	۳۲۰۶۸	۶۵۷۴۶	۸۳۸۱	۵۲۲۱۴	۴۵۲۱۴	دراگون	میکس
۲۰۰۵۶	۱۲۶۰۲	۶۷۲۴۸	۳۴۲۲۷	۶۱۰۵۱	۲۰۵۰	۳۰۳۷۶	۱۵۳۸۲	۵۸۹۳۳	۷۴۲۴۲	فالکن	میکس
۷۹۳۳۶	۴۰۲۰۴	۶۱۲۶۱	۴۶۶۹۶	۲۵۱۵۶	۱۷۹۶۳	۱۱۰۸۶	۵۷۰۵۳	۷۰۵۸۰	۷۷۹۵۱	فایتر	میکس
۵۲۹۱۶	۷۸۲۲۴	۶۹۲۶	۵۱۳۰۵	۱۲۵۳۰	۱۲۲۴	۴۰۵۴۰	۴۳۵۱۹	۳۶۴۲۵	۲۱۷۸۵	کارینا	میکس
۶۷۸۵۵	۵۰۳۱۷	۷۳۷۴۴	۳۱۲۶۲	۷۹۸۹۳	۴۹۷۷۴	۲۹۶۳۲	۶۴۵۴۶	۶۴۷۱۱	۷۸۰۸	لاورز	میکس
۶۶۰۸۶	۳۲۷۵۸	۶۹۱۷۱	۶۳۸۳۱	۸۵۲۸	۵۷۹۷۲	۶۶۵۴۶	۵۵۹۴۶	۲۸۵۹۸	۴۱۲۹۹	هلبر	میکس
۱۹۴۴۷	۵۴۰۶۴	۲۸۹۷۷	۱۳۶۱۵	۴۵۹۶	۴۷۳۶۶	۶۱۴۱۸	۷۵۷۷۰	۴۵۷۳۲	۹۹۰۱	ورونا	میکس
۲۱۲۵۵	۳۰۱۷۹	۳۶۰۵۱	۷۱۵۰۱	۶۳۴۵۹	۴۴۶۲۵	۶۲۴۴۴	۴۳۳۰۸	۳۳۸۷۱	۳۲۸۰۵	یامی	میکس
۱۹۵۳۰	۲۲۱۸۵	۲۴۰۳۵	۵۰۵۷۱	۲۴۳۷۷	۱۴۷۰۹	۳۲۲۷۱	۵۶۵۵۸	۵۳۵۱۰	۱۴۶۰۷	کاپوچینو	فراوری
۷۸۷۰۶	۸۷۸۲	۳۷۱۱۱	۲۳۷۲۶	۲۶۰۸۷	۴۰۶۸۳	۳۲۴۵۱	۴۵۴۷۷	۷۵۸۰۸	۵۶۴۰۰	هات چاکلت	فراوری

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

و بالاخره، قیمت تعادلی مدل، پس از محاسبه، در جدول شماره ۳ نمایش یافته است. گفتنی است بیشتر بودن قیمت تعدادی از انواع قهوه در هر یک از شرکت‌ها، بیشتر به علت فاصله آن‌ها از کشورهای مبدأ و در نتیجه، افزایش هزینه حمل برای آنهاست؛ به عبارت دیگر، این قیمت‌ها، لزوماً مترادف با بیشتر بودن کیفیت دانه‌های قهوه نیست.

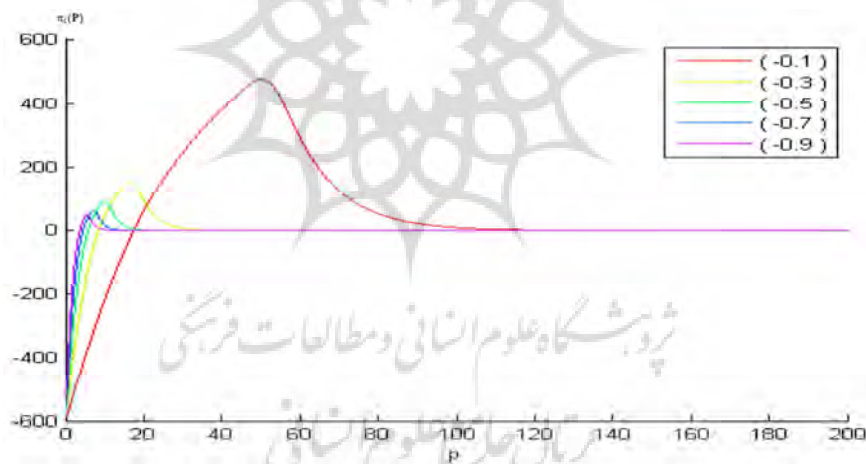
جدول ۳- قیمت بهینه متناظر با انواع قهوه و شرکت‌های عرضه‌کننده

شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	شرکت	انواع دانه قهوه و فرآوری	
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱		
۶۴۸۶۵	۶۴۸۳۷	۶۴۷۸۹	۶۴۸۳۱	۶۴۸۰۰	۶۴۸۴۱	۶۴۸۳۱	۶۴۸۶۱	۶۴۸۲۰	۶۴۸۵۱	RP	روستا
۶۱۸۲۰	۶۱۸۶۸	۶۱۸۱۸	۶۱۸۶۷	۶۱۸۰۲	۶۱۷۹۳	۶۱۸۰۶	۶۱۷۹۹	۶۱۷۹۷	۶۱۸۵۸	اندونزی	روستا
۶۵۸۱۴	۶۵۸۳۲	۶۵۸۴۰	۶۵۸۴۷	۶۵۸۱۸	۶۵۸۶۱	۶۵۸۲۲	۶۵۸۶۱	۶۵۷۹۶	۶۵۸۱۱	اوگاندا روستا	روستا
۶۰۸۳۵	۶۰۸۲۸	۶۰۸۶۰	۶۰۷۸۷	۶۰۷۹۸	۶۰۸۲۰	۶۰۸۴۷	۶۰۷۸۲	۶۰۸۴۷	۶۰۸۵۶	EK	روستا
۵۱۸۴۴	۵۱۸۲۴	۵۱۸۷۴	۵۱۸۳۸	۵۱۸۳۰	۵۱۸۳۹	۵۱۷۹۸	۵۱۸۶۱	۵۱۷۹۶	۵۱۸۷۹	PB	روستا
۵۵۸۴۰	۵۵۷۹۲	۵۵۸۵۶	۵۵۷۹۸	۵۵۸۳۴	۵۵۸۱۱	۵۵۸۵۴	۵۵۸۲۲	۵۵۸۷۶	۵۵۸۲۱	PB super	روستا
۶۲۷۸۱	۶۲۸۴۱	۶۲۸۱۷	۶۲۸۳۵	۶۲۷۹۸	۶۲۸۵۵	۶۲۸۴۴	۶۲۸۱۵	۶۲۸۳۶	۶۲۸۱۹	جاوا روستا	روستا
۵۱۸۰۸	۵۱۸۴۴	۵۱۸۷۶	۵۱۸۵۸	۵۱۸۸۶	۵۱۸۸۵	۵۱۸۴۰	۵۱۸۱۷	۵۱۸۲۲	۵۱۸۲۴	چری	روستا
۴۸۸۶۹	۴۸۸۴۱	۴۸۸۰۶	۴۸۸۸۰	۴۸۸۱۲	۴۸۸۰۴	۴۸۸۳۸	۴۸۸۳۴	۴۸۸۸۷	۴۸۸۵۵	ویتنام	روستا
۹۷۷۲۶	۹۷۷۹۵	۹۷۷۲۷	۹۷۸۰۰	۹۷۷۲۴	۹۷۷۵۶	۹۷۷۲۷	۹۷۷۴۶	۹۷۷۲۷	۹۷۷۹۵	اتیوپی	عربیکا
۹۲۷۳۸	۹۲۷۷۴	۹۲۷۲۲	۹۲۷۶۸	۹۲۷۷۱	۹۲۷۵۶	۹۲۸۰۳	۹۲۷۴۰	۹۲۷۸۸	۹۲۷۳۸	اوگاندا عربیکا	عربیکا
۶۸۷۸۳	۶۸۸۵۴	۶۸۸۴۰	۶۸۷۶۴	۶۸۷۷۸	۶۸۷۷۹	۶۸۸۵۴	۶۸۷۸۵	۶۸۸۰۲	۶۸۸۱۱	برزیل	عربیکا
۱۰۴۷۶۰	۱۰۴۷۶۵	۱۰۴۷۵۵	۱۰۴۷۸۰	۱۰۴۷۴۵	۱۰۴۷۴۷	۱۰۴۷۱۷	۱۰۴۷۷۴	۱۰۴۷۸۴	۱۰۴۶۹۱	پرو	عربیکا
۸۷۷۳۰	۸۷۷۲۵	۸۷۷۲۸	۸۷۸۱۰	۸۷۷۹۹	۸۷۷۴۷	۸۷۷۹۱	۸۷۷۷۰	۸۷۷۴۰	۸۷۷۴۸	PL	عربیکا
۱۰۸۷۰۲	۱۰۸۶۸۲	۱۰۸۷۰۸	۱۰۸۶۸۶	۱۰۸۷۳۵	۱۰۸۷۰۵	۱۰۸۷۷۷	۱۰۸۷۲۶	۱۰۸۷۷۶	۱۰۸۶۹۳	تانزانیا	عربیکا
۱۰۷۷۰۶	۱۰۷۷۵۳	۱۰۷۷۷۷	۱۰۷۷۳۷	۱۰۷۷۶۷	۱۰۷۷۵۷	۱۰۷۶۹۲	۱۰۷۷۶۱	۱۰۷۷۱۰	۱۰۷۶۹۸	تولیم	عربیکا
۱۰۴۷۵۴	۱۰۴۷۲۰	۱۰۴۷۷۳	۱۰۴۷۱۱	۱۰۴۷۲۵	۱۰۴۷۱۳	۱۰۴۷۳۷	۱۰۴۷۷۳	۱۰۴۶۹۴	۱۰۴۷۱۵	جاوا عربیکا	عربیکا
۹۱۷۶۲	۹۱۷۲۶	۹۱۷۱۶	۹۱۷۶۳	۹۱۷۷۶	۹۱۷۲۴	۹۱۷۲۵	۹۱۷۳۳	۹۱۸۱۰	۹۱۷۳۳	سوماترا	عربیکا
۱۱۲۶۶۶	۱۱۲۷۱۳	۱۱۲۷۵۶	۱۱۲۷۱۳	۱۱۲۶۹۸	۱۱۲۷۳۱	۱۱۲۷۰۰	۱۱۲۷۴۰	۱۱۲۷۲۹	۱۱۲۷۱۸	کاستاریکا	عربیکا
۹۵۷۴۸	۹۵۷۱۰	۹۵۸۰۲	۹۵۷۷۷	۹۵۷۶۴	۹۵۷۰۸	۹۵۷۹۲	۹۵۸۰۳	۹۵۷۹۵	۹۵۷۶۵	کلمبیا	عربیکا
۱۰۵۶۹۹	۱۰۵۶۹۹	۱۰۵۷۸۵	۱۰۵۷۰۵	۱۰۵۷۳۹	۱۰۵۷۲۱	۱۰۵۶۹۷	۱۰۵۷۰۶	۱۰۵۷۰۴	۱۰۵۷۱۲	کنیا	عربیکا
۱۱۶۶۹۶	۱۱۶۷۴۳	۱۱۶۷۶۲	۱۱۶۷۴۵	۱۱۶۷۱۵	۱۱۶۶۸۵	۱۱۶۷۲۹	۱۱۶۶۸۸	۱۱۶۶۹۱	۱۱۶۷۲۳	گواتمالا	عربیکا
۱۰۴۷۱۱	۱۰۴۷۶۳	۱۰۴۷۰۷	۱۰۴۷۲۶	۱۰۴۷۶۹	۱۰۴۷۰۵	۱۰۴۷۱۰	۱۰۴۷۲۴	۱۰۴۷۳۷	۱۰۴۷۰۲	ماراگو مکزیک	عربیکا
۶۹۷۸۸	۶۹۷۹۱	۶۹۷۷۲	۶۹۷۹۶	۶۹۸۰۵	۶۹۷۸۴	۶۹۸۴۶	۶۹۸۴۶	۶۹۷۹۸	۶۹۸۲۱	مالاوی	عربیکا
۱۰۰۷۷۲	۱۰۰۷۲۵	۱۰۰۷۸۳	۱۰۰۷۰۳	۱۰۰۷۶۲	۱۰۰۷۳۲	۱۰۰۷۶۰	۱۰۰۷۴۹	۱۰۰۷۱۵	۱۰۰۷۸۵	نیکاراگوئه	عربیکا
۱۰۸۶۹۶	۱۰۸۷۳۳	۱۰۸۷۵۴	۱۰۸۷۵۶	۱۰۸۷۷۶	۱۰۸۶۹۴	۱۰۸۷۴۲	۱۰۸۶۸۹	۱۰۸۶۹۷	۱۰۸۷۶۸	هندوراس	عربیکا
۱۰۷۷۲۸	۱۰۷۷۶۴	۱۰۷۷۳۷	۱۰۷۷۳۷	۱۰۷۷۷۶	۱۰۷۷۰۳	۱۰۷۶۸۵	۱۰۷۷۳۷	۱۰۷۶۸۵	۱۰۷۶۹۶	دومینگو	عربیکا
۶۷۸۲۷	۶۷۷۹۵	۶۷۷۶۸	۶۷۷۹۹	۶۷۷۷۴	۶۷۸۵۳	۶۷۸۵۲	۶۷۷۹۵	۶۷۸۰۶	۶۷۷۷۹	لیبریا	لیبریکا
۷۵۸۲۸	۷۵۷۸۶	۷۵۸۱۹	۷۵۷۶۲	۷۵۷۷۰	۷۵۸۱۲	۷۵۷۶۲	۷۵۷۵۰	۷۵۸۳۰	۷۵۷۸۵	ایگل	میکس
۷۴۸۰۵	۷۴۷۷۱	۷۴۷۷۴	۷۴۸۱۶	۷۴۸۱۴	۷۴۸۱۵	۷۴۷۸۶	۷۴۷۸۲	۷۴۸۰۹	۷۴۸۱۶	پانیک	میکس
۷۶۸۳۸	۷۶۸۱۴	۷۶۸۱۱	۷۶۸۳۸	۷۶۷۵۸	۷۶۷۴۷	۷۶۷۸۵	۷۶۸۱۸	۷۶۷۶۶	۷۶۷۵۹	تورنتو	میکس
۷۵۷۷۱	۷۵۷۶۱	۷۵۸۴۱	۷۵۷۸۰	۷۵۷۶۲	۷۵۸۲۶	۷۵۸۳۶	۷۵۸۳۲	۷۵۷۹۱	۷۵۸۱۹	دراگون	میکس
۷۵۷۵۳	۷۵۸۴۵	۷۵۸۰۶	۷۵۸۲۸	۷۵۸۰۴	۷۵۷۷۴	۷۵۷۹۲	۷۵۷۶۵	۷۵۷۵۷	۷۵۷۶۷	فالکن	میکس
۹۳۸۰۲	۹۳۷۲۲	۹۳۷۷۹	۹۳۷۱۸	۹۳۷۹۱	۹۳۷۳۸	۹۳۷۷۲	۹۳۷۸۹	۹۳۷۸۶	۹۳۷۷۸	فایتر	میکس
۷۵۷۵۵	۷۵۷۷۳	۷۵۷۸۹	۷۵۷۸۰	۷۵۷۵۷	۷۵۸۲۷	۷۵۸۲۵	۷۵۸۲۱	۷۵۸۰۶	۷۵۷۹۸	کارینا	میکس
۷۲۷۶۸	۷۲۸۱۸	۷۲۸۴۱	۷۲۷۷۸	۷۲۷۹۳	۷۲۷۷۳	۷۲۸۲۳	۷۲۷۹۸	۷۲۷۸۰	۷۲۷۹۹	لاورز	میکس

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 ( $\alpha$ )، که در بازه (۰ و -۱) مقدار اختیار می‌کند، یکی از پارامترهایی است که در مدل پیشنهادی بررسی شد. با فرض ثابت بودن پارامترهای دیگر، تأثیر تغییر  $\alpha$  بر تابع مطلوبیت با استفاده از نرم‌افزار متلب در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. افزایش قدر مطلق ضریب حساسیت، نشان‌دهنده 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 شماره ۴ نیز مشاهده می‌شود، با افزایش  $|\alpha|$ ، قیمت تعادلی (نقطه بیشینه تابع مطلوبیت) و در نتیجه، میزان بیشینه 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 هایموویج تقریب زده شد؛ سپس، یک مدل قیمت‌گذاری برای آن ارائه شد که به لحاظ 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 مرحله بعد، نقطه 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، نشان‌دهنده 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 نقطه تعادل بازی همکارانه قرار می‌گیرد؛ زیرا با ایجاد همکاری در بازی، شرایط عرضه انحصاری بر بازی حکم فرماست. 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، انگیزه کاهش قیمت برای رسیدن به سود بیشتر وجود دارد و درنهایت، قیمت تعادلی، تقریباً برابر هزینه حاشیه‌ای تولید می‌شود. دوم اینکه، با تولید بیشتر، انگیزه 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 تجزیه و تحلیل 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 نقطه 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 مسئله 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 بهینه قیمت باید میزان بهینه تولید را نیز مشخص کند.

گفتنی است با توجه به نتایج مربوط به قیمت تعادلی حاصل، بیشتر بودن قیمت تعدادی از برندهای قهوه در هر یک از شرکت‌ها بیشتر به علت فاصله با کشورهای مبدأ و بیشتر بودن هزینه حمل و نقل آنهاست. روش قیمت‌گذاری پیشنهادی، برای زنجیره‌های تأمین 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.

به علت 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 عمده موجود در بازار انجام شده و بدیهی است، عرضه محصولات جدید در این زنجیره بر سلیقه 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. در نهایت، در مطالعه حاضر، تأمین‌کنندگان و خرده‌فروشان به صورت 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*, 16(32): 455-470.
- Huang, 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 Pashootanzaeh. 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.
- Taleizadeh, 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.

<sup>1</sup>. Taleizadeh et al.

<sup>2</sup>. Yang and et al.

<sup>3</sup>. Li a et al.

<sup>4</sup>. Junhai Ma

<sup>5</sup>. Rasmusen, E.

<sup>6</sup>. Nash, J.F.

<sup>7</sup>. Demand function

<sup>8</sup>. Cost function

<sup>9</sup>. Gallego, G.

<sup>10</sup>. Discrete choice models

<sup>11</sup>. Generalized extreme value

<sup>12</sup>. Nested logit model

<sup>13</sup>. Mixed logit model

<sup>14</sup>. Non-price attributes

<sup>15</sup>. Best Response Correspondence

<sup>16</sup>. Feller, W.

<sup>17</sup>. Kenneth, J.A. and Debreu, G.

<sup>18</sup>. Convex

<sup>19</sup>. Compact

<sup>20</sup>. Quasi concave

<sup>21</sup>. Stationary point

<sup>22</sup>. First order condition

<sup>23</sup>. Logit choice model

<sup>24</sup>. Fixed Newton Method