

## تصمیمات قیمت‌گذاری و خدمات خرده‌فروشی در زنجیره تأمین شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش با استفاده از رویکرد نظریه بازی

حامد جعفری<sup>۱\*</sup>، محمدحسین حقیقی<sup>۲</sup>

۱. استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی گلپایگان، دانشگاه صنعتی اصفهان، گلپایگان، ایران

۲. دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران

### خلاصه

در این تحقیق، تصمیمات قیمت‌گذاری و خدمات خرده‌فروشی در یک زنجیره تأمین دوکاناله شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش مورد بررسی قرار خواهند گرفت. بدین منظور از رویکرد نظریه بازی در دو حالت رقابتی و همکارانه برای اخذ تصمیمات در زنجیره تأمین مورد بررسی استفاده می‌گردد. در حالت رقابتی بازیکنان سود خود را به طور مجزا حداکثر می‌نمایند، در حالی که در حالت همکارانه تولیدکننده و خرده‌فروش با یکدیگر همکاری نموده و سعی بر آن دارند تا سود کل سیستم را حداکثر نمایند. سپس برای بررسی نتایج به دست آمده، یک مثال عددی ارائه می‌گردد. در ادامه تحلیل‌های به دست آمده از مدل‌های مورد بررسی ارائه خواهند شد. در نهایت یک تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مسأله انجام می‌شود تا تأثیر تغییر پارامترها بر روی مقادیر سود بازیکنان مشخص گردد. نتایج نشان می‌دهند که در حالت رقابتی، سود خرده‌فروش با افزایش قیمت محصول در کانال اینترنتی و قیمت فروش محصول به خرده‌فروش توسط تولیدکننده به ترتیب افزایش و کاهش خواهند یافت. در حالت رقابتی قیمت خرده‌فروشی محصول با افزایش خدمات خرده‌فروشی افزایش می‌یابد. شدت تغییرات قیمت خرده‌فروشی نسبت به خدمات خرده‌فروشی بیشتر از تغییرات قیمت فروش محصول به خرده‌فروش و قیمت کانال اینترنتی است. همچنین شدت تغییرات قیمت فروش به خرده‌فروش و قیمت کانال اینترنتی نسبت به سهم بازار محصول در کانال خرده‌فروشی یکسان هستند. در حالت همکارانه نیز قیمت خرده‌فروشی محصول با افزایش خدمات خرده‌فروشی افزایش می‌یابد. علاوه بر این میزان تغییرات قیمت خرده‌فروشی محصول نسبت به خدمات خرده‌فروشی بیشتر از میزان تغییرات قیمت کانال اینترنتی است.

### اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۴۰۰/۷/۱۱

پذیرش ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

(مقاله پژوهشی)

کلمات کلیدی:

مدیریت زنجیره تأمین

زنجیره تأمین دو کاناله

قیمت‌گذاری

خدمات خرده‌فروشی

نظریه بازی

### ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر تجارت الکترونیکی با سرعت قابل توجهی روبه افزایش است. امروزه بسیاری از فعالان این عرصه معتقدند که تولیدکنندگان علاوه بر کانال‌های سنتی فروش از طریق خرده‌فروشی (کانال خرده‌فروشی) باید از طریق کانال‌های فروش اینترنتی (کانال اینترنتی)

نیز محصولات خود را به فروش برسانند [۱، ۲]. زنجیره تأمین با کانال‌های فروش دوگانه (زنجیره تأمین دوکاناله) ساختاری است که در آن یک تولیدکننده محصولات خود را به طور هم‌زمان به صورت خرده‌فروشی و اینترنتی به فروش می‌رساند. فروش در کانال خرده‌فروشی به صورت سنتی توسط یک خرده‌فروش

\* نویسنده مسئول: حامد جعفری

تلفن: ۰۳۱-۵۷۲۴۳۲۳۸؛ پست الکترونیکی: [hamed.jafari@iut.ac.ir](mailto:hamed.jafari@iut.ac.ir)

خرده‌فروش در کانال فروش خرده‌فروشی می‌شود. دومرانگسیری و همکاران [۲۰] نشان دادند که افزایش کیفیت خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش می‌تواند منجر به افزایش سود تولیدکننده در زنجیره تأمین دوکاناله شود. یان و پی [۲۱] نیز بر روی نقش استراتژیک سرویس‌های خرده‌فروش در یک زنجیره تأمین دوکاناله تمرکز کردند. آن‌ها دریافتند که تولیدکننده می‌تواند از کانال فروش اینترنتی به‌عنوان ابزاری مؤثر برای ایجاد انگیزه در خرده‌فروش برای بهبود خدمات خرده‌فروشی خود استفاده کند.

در جدیدترین مطالعات، سرکار و پال [۲۲] یک زنجیره تأمین دوکاناله همراه با خدمات خرده‌فروشی را در نظر گرفته‌اند. در این تحقیق ابتدا تولیدکننده سطح خدمات را به مشتریان اعلام نموده و سپس تولیدکننده و خرده‌فروش قیمت‌های مربوط به محصول را تعیین می‌کنند. همچنین سلماس‌نیا و حاتمی [۲۳] برای تعیین سطح سرویس‌دهی به مشتریان در چنین زنجیره تأمین از یک قرارداد سه‌سطحی استفاده کرده‌اند.

نظریه بازی ابزاری مناسب در مواجهه با تصمیم‌گیری در شرایطی است که اهداف چند نفر بایکدیگر در تعارض هستند. در این تحقیق تصمیمات قیمت‌گذاری و خدمات خرده‌فروشی در یک زنجیره تأمین دوکاناله تحلیل می‌گردند. بدین منظور از یک رویکرد نظریه بازی برای تحلیل تصمیمات استفاده شده و مسأله در حالت‌های رقابتی و همکارانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. همچنین تأثیر خدمات خرده‌فروشی بر روی تصمیمات قیمت‌گذاری تحلیل می‌شود. در حالت رقابتی، از یک بازی استتکلبرگ برای قیمت‌گذاری محصول در دو کانال فروش استفاده می‌شود که در آن ابتدا تولیدکننده با قدرت تصمیم‌گیری بیشتر نسبت به خرده‌فروش، قیمت‌های فروش به مشتریان در کانال اینترنتی و به خرده‌فروش در کانال خرده‌فروشی را تعیین می‌کند. سپس خرده‌فروش قیمت فروش به مشتریان در کانال خرده‌فروشی را تعیین می‌نماید. همچنین در حالت همکارانه، تولیدکننده و خرده‌فروش بایکدیگر همکاری نموده و قیمت‌های فروش در کانال‌های خرده‌فروشی و اینترنتی را به‌صورت همکارانه تعیین می‌نمایند. در هر دو حالت فرض می‌شود که سطح خدمات خرده‌فروشی ارائه شده توسط خرده‌فروش پس از تعیین مقدار قیمت‌های ارائه شده در کانال‌ها مشخص می‌شود.

ساختار مقاله به‌صورت زیر است: مسأله مورد بررسی در بخش ۲ توصیف می‌گردد. در بخش ۳ از رویکرد نظریه بازی برای اتخاذ تصمیمات استفاده خواهد شد. یک مثال عددی در بخش ۴ فراهم شده است. یافته‌ها و نتایج به‌دست آمده در بخش ۵ ارائه می‌شوند. در نهایت بخش ۶ مربوط به نتیجه‌گیری و جمع‌بندی خواهد بود.

## ۲. تعریف مسأله

در این تحقیق یک زنجیره تأمین دوکاناله در نظر گرفته می‌شود که در آن یک تولیدکننده محصولات خود را به‌طور هم‌زمان به‌صورت خرده‌فروشی و اینترنتی به فروش می‌رساند.

صورت گرفته و فروش در کانال اینترنتی توسط تولیدکننده به‌صورت آنلاین خواهد بود. بنابراین مشتریان می‌توانند براساس نوع و ارزش محصولات و میزان دسترسی به اینترنت، هر کدام از کانال‌ها را برای خرید برگزینند [۳، ۴].

می‌توان گفت که قیمت، مهم‌ترین عامل در خرید و فروش محصولات است [۵، ۶]. در زنجیره تأمین دوکاناله نیز قیمت فروش محصولات در هر کانال یک عامل کلیدی در انتخاب کانال خرید توسط مشتریان خواهد بود [۷]. در سال‌های اخیر با پیدایش و توسعه کانال فروش اینترنتی، تحقیقات فراوانی در زمینه قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین دوکاناله انجام شده است که در ادامه برخی از آن‌ها مرور خواهند شد.

بالاسوبرامانیان [۸] رقابت قیمت‌گذاری را در یک زنجیره تأمین دوکاناله مدل نموده و نشان دادند که پایه بازار عامل مهمی در کنترل قیمت و رقابت در کانال‌های فروش است. لواری و متو [۹] سود به‌دست آمده از فروش محصولات را در یک زنجیره تأمین با کانال فروش خرده‌فروشی، یک زنجیره تأمین با کانال فروش اینترنتی و یک زنجیره تأمین دوکاناله مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که سود به‌دست آمده از فروش محصولات در زنجیره تأمین دوکاناله از سایر ساختارها بیشتر است. گیزکن و همکاران [۱۰] دریافتند که شرکت‌هایی که از یک زنجیره تأمین دوکاناله برای فروش محصولات خود استفاده می‌کنند، عملکرد مالی بهتری نسبت به شرکت‌هایی که از کانال فروش سنتی برای فروش محصولات خود استفاده می‌کنند، دارند. همچنین اهن و همکاران [۱۱] تصمیمات قیمت‌گذاری را در یک زنجیره تأمین دوکاناله هنگامی که بازارهای فروش در این دو کانال مجزا است، مورد مطالعه قرار دادند.

فروچتر و تاپیرو [۱۲] دریافتند که سیاست مناسب برای تولیدکننده آن است که در هر دو کانال قیمت‌های یکسانی را تعیین نماید. در واقع بهتر آن است که قیمت‌های فروش محصولات توسط تولیدکننده به خرده‌فروش در کانال خرده‌فروشی و به مشتریان در کانال اینترنتی یکسان باشند. چون و کیم [۱۳] تأثیر اختلاف قیمت میان کانال‌های خرده‌فروشی و اینترنتی را بر روی تقاضای مشتریان بررسی نمودند. کای و همکاران [۱۴] بر روی ساختارهای مختلف هزینه بین دو کانال تمرکز نموده و نشان دادند هنگامی که هزینه ایجاد کانال فروش اینترنتی اندک است، بهتر است تولیدکننده از هر دو کانال برای فروش استفاده نماید. یائو و همکاران [۱۵]، یو و لیو [۱۶]، موداک و همکاران [۱۷]، وانگ و سونگ [۱۸] و ژو و همکاران [۱۹] نیز تصمیمات قیمت‌گذاری در زنجیره تأمین دوکاناله را در شرایط عدم قطعیت مورد بررسی قرار داده‌اند.

خدمات خرده‌فروشی تأثیر قابل‌توجهی در انتخاب کانال‌های فروش دارد. خدمات خرده‌فروشی در یک زنجیره تأمین دوکاناله یک نقش استراتژیک ایفا می‌کنند. یائو و همکاران [۱۵] نشان دادند که معرفی یک کانال فروش اینترنتی نه تنها باعث کنترل قیمت در کانال خرده‌فروشی می‌شود، بلکه منجر به افزایش خدمات ارائه شده توسط

محدودیت‌های زیر نیز در مدل در نظر گرفته می‌شوند تا تضمین‌کنند که تصمیمات مورد بررسی شدنی بوده و تقاضای محصول در هر دو کانال مثبت است:

$$c \leq P_2 \leq P_1, 0 \leq X \leq 1 \quad (۷)$$

$$D_1, D_2 \geq 0 \quad (۸)$$

### ۳. روش حل: رویکرد نظریه بازی

در این بخش از رویکرد نظریه بازی برای اتخاذ تصمیمات در زنجیره تأمین مورد بررسی استفاده می‌شود. بدین منظور مسأله در دو حالت رقابتی و همکارانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. شایان ذکر است اثبات تمامی قضایای ارائه شده در این تحقیق در پیوست نشان داده شده است.

#### ۳-۱. مدل بازی رقابتی

در حالت رقابتی، هر کدام از بازیکنان سعی بر آن دارد تا سود خود را به‌طور مستقل حداکثر نماید. بدین منظور در این حالت از یک بازی استکلبرگ برای تعیین قیمت محصول در کانال‌های اینترنتی و خرده‌فروشی استفاده می‌شود. ابتدا تولیدکننده با قدرت تصمیم‌گیری بیشتر نسبت به خرده‌فروش، قیمت فروش به مشتریان در کانال اینترنتی و قیمت فروش به خرده‌فروش در کانال خرده‌فروشی را تعیین می‌کند. سپس خرده‌فروش قیمت فروش به مشتریان در کانال خرده‌فروشی را مشخص می‌نماید. در نهایت خرده‌فروش با دانستن مقدار قیمت‌های ارائه شده در دو کانال، سطح خدمات خرده‌فروشی را تعیین می‌نماید.

با در اختیار داشتن سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش و قیمت‌های تعیین شده توسط تولیدکننده، بهترین پاسخ خرده‌فروش نسبت به قیمت خرده‌فروشی ارائه شده به مشتریان به صورت زیر به دست می‌آید.

**قضیه ۱.** تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت خرده‌فروشی اکیداً مقعر است.

بنابراین جواب حاصل از حل مشتق مرتبه اول تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت خرده‌فروشی، بهترین پاسخ خرده‌فروش برای قیمت خرده‌فروشی را مشخص خواهد نمود.

**قضیه ۲.** اگر سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش ( $X$ ) و قیمت‌های تعیین شده توسط تولیدکننده ( $P_1, P_2$ ) مشخص باشند، در این صورت بهترین پاسخ خرده‌فروش برای قیمت خرده‌فروشی محصول به مشتریان به صورت زیر است:

$$P_3(P_1, P_2, X) = \frac{\varphi a + \delta_2 X + \gamma_2 P_1 + \gamma_1 P_2}{2\gamma_1} \quad (۹)$$

با جای‌گذاری  $P_3(P_1, P_2, X)$  در روابط (۴) و (۵)، توابع سود جدید تولیدکننده و خرده‌فروش نسبت به سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش و قیمت‌های تعیین شده توسط تولیدکننده به صورت زیر به دست می‌آیند:

$$\pi_1(P_1, P_2, X) = \quad (۱۰)$$

تولیدکننده محصولات خود را با هزینه تولید  $c$  تولید نموده و با قیمت  $P_1$  در کانال اینترنتی به مشتریان و با قیمت  $P_2$  در کانال خرده‌فروشی به خرده‌فروش می‌فروشد. خرده‌فروش نیز محصولات را از طریق کانال خرده‌فروشی با قیمت  $P_3$  به مشتریان خواهد فروخت. همچنین خرده‌فروش سطح خدمات خرده‌فروشی  $X$  را به مشتریان ارائه می‌نماید. در این شرایط تقاضای مشتریان برای محصول در کانال اینترنتی ( $D_1$ ) و کانال خرده‌فروشی ( $D_2$ ) با توجه به قیمت‌های فروش محصول در کانال‌های فروش و سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش مشخص می‌شوند.

فرض می‌شود که پارامتر  $a$  پایه بازار محصول (پتانسیل خرید محصول در بازار) بوده و  $\varphi$  و  $1 - \varphi$  ( $0 < \varphi < 1$ ) به ترتیب نسبت تمایل به خرید مشتریان از کانال‌های خرده‌فروشی و اینترنتی هستند. پارامترهای  $\gamma_1$  کشسانی دفعی تقاضای هر کانال نسبت به قیمت ارائه شده در آن کانال و  $\gamma_2$  کشسانی جذبی تقاضای هر کانال نسبت به قیمت ارائه شده در کانال دیگرند ( $\gamma_1 > \gamma_2$ ). در واقع با افزایش یک واحد قیمت در یک کانال، تقاضای آن کانال  $\gamma_1$  واحد کاهش و تقاضای کانال دیگر  $\gamma_2$  واحد افزایش می‌یابد. همچنین پارامترهای  $\delta_1$  و  $\delta_2$  به ترتیب کشسانی سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش بر روی تقاضای محصول در کانال‌های اینترنتی و خرده‌فروشی هستند ( $\delta_1 < \delta_2$ ). به عبارت دیگر با افزایش یک واحد سطح خدمات خرده‌فروشی، تقاضای کانال خرده‌فروشی  $\delta_2$  واحد افزایش و تقاضای کانال اینترنتی  $\delta_1$  واحد کاهش می‌یابد. در این صورت توابع تقاضای محصول در کانال‌های اینترنتی و خرده‌فروشی به ترتیب به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شوند:

$$D_1 = (1 - \varphi)a - \gamma_1 P_1 + \gamma_2 P_3 - \delta_1 X \quad (۱)$$

$$D_2 = \varphi a - \gamma_1 P_3 + \gamma_2 P_1 + \delta_2 X \quad (۲)$$

فرض می‌شود که هزینه مربوط به خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش تابعی صعودی و محدب نسبت به سطح خدمات ارائه شده است. معمولاً در ادبیات موضوع از تابعی به شکل زیر برای نشان دادن هزینه خدمات ارائه شده نسبت به سطح خدمات استفاده می‌شود [۲۱]:

$$S(X) = \frac{\vartheta X^2}{2} \quad (۳)$$

در واقع اگر  $X$  سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش باشد،  $X^2/2$  نشان‌دهنده میزان تلاش خرده‌فروش برای ارائه این سطح از خدمات است. پارامتر  $\vartheta$  نیز هزینه هرواحد تلاش خرده‌فروش برای ارائه خدمات خواهد بود.

در نهایت با توجه به توضیحات ارائه شده توابع سود تولیدکننده ( $\pi_1$ )، خرده‌فروش ( $\pi_2$ ) و کل سیستم (مجموع سود تولیدکننده و خرده‌فروش) ( $\pi_3$ ) به ترتیب به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شوند:

$$\pi_1 = (P_1 - c)D_1 + (P_2 - c)D_2 \quad (۴)$$

$$\pi_2 = (P_3 - P_2)D_2 - \frac{\vartheta X^2}{2} \quad (۵)$$

$$\pi_3 = (P_1 - c)D_1 + (P_3 - c)D_2 - \frac{\vartheta X^2}{2} \quad (۶)$$

$$+ \frac{(\varphi a - \gamma_1 c + \gamma_2 c)^2}{16\gamma_1}$$

اکنون خرده‌فروش تابع  $\pi_2(X)$  را نسبت به سطح خدمات ارائه شده حداکثر می‌نماید.

**قضیه ۵.** تابع سود جدید خرده‌فروش نسبت به سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش اکیداً مقعر است.

بنابراین جواب حاصل از حل مشتق مرتبه اول تابع سود جدید خرده‌فروش نسبت به سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش، بهترین پاسخ خرده‌فروش برای سطح خدمات ارائه شده است.

**قضیه ۶.** بهترین پاسخ خرده‌فروش برای سطح خدمات ارائه شده به صورت زیر است:

$$X^* = \frac{(\varphi a - \gamma_1 c + \gamma_2 c)(\varphi a - 2\delta_2)}{-8\vartheta\gamma_1 + (a\varphi - 2\delta_2)^2} \quad (16)$$

با جایگزینی  $X$  به دست آمده در روابط (۱۲)، (۱۳) و (۱۴)، بهترین پاسخ بازیکنان برای قیمت‌های مربوط به محصول در دو کانال به صورت زیر به دست خواهند آمد.

**قضیه ۷.** بهترین پاسخ بازیکنان برای قیمت‌های ارائه شده در دو کانال به صورت زیر خواهند بود:

$$P_1^* = \frac{A_4 X^* + A_2 + c}{2} \quad (17)$$

$$P_2^* = \frac{A_3 X^* + A_1 + c}{2} \quad (18)$$

$$P_3^* = \frac{2\delta_2 + A_3\gamma_1 + A_4\gamma_2}{4\gamma_1} X^* + \frac{2\varphi a + (A_1 + c)\gamma_1 + (A_2 + c)\gamma_2}{4\gamma_1} \quad (19)$$

### ۳-۲. مدل بازی همکارانه

در حالت همکارانه، تولیدکننده و خرده‌فروش با یکدیگر همکاری نموده و تصمیمات را به صورت همکارانه تعیین می‌نمایند. در واقع در این حالت تولیدکننده و خرده‌فروش با یکدیگر همکاری می‌کنند تا سود کل سیستم را حداکثر نمایند. ابتدا تولیدکننده و خرده‌فروش به صورت همکارانه قیمت‌های فروش محصول به مشتریان را در دو کانال تعیین می‌کنند. سپس بازیکنان با دانستن مقدار قیمت‌های ارائه شده در دو کانال، سطح خدمات خرده‌فروشی را تعیین می‌نمایند. در هر دو مرحله نیز تصمیمات به نحوی تعیین می‌شوند که سود کل سیستم حداکثر شود.

شایان ذکر است در این حالت چون قیمت فروش محصول از تولیدکننده به خرده‌فروش یک تصمیم مبادله‌ای بین تولیدکننده و خرده‌فروش است و تأثیری بر روی سود کل سیستم ندارد، بنابراین این قیمت در اخذ تصمیمات لحاظ نخواهد شد.

**قضیه ۸.** تابع سود کل سیستم ( $\pi_3$ ) نسبت به قیمت‌های فروش محصول به مشتریان در کانال‌های اینترنتی و خرده‌فروشی اکیداً و متفصلاً مقعر است.

بنابراین جواب حاصل از حل هم‌زمان مشتقات مرتبه اول تابع سود کل سیستم نسبت به قیمت‌های نهایی فروش محصول در دو کانال، بهترین پاسخ کل سیستم برای قیمت‌های نهایی فروش محصول

$$\frac{1}{2}(P_2 - c)(\varphi a - \gamma_1 P_2 + \gamma_2 P_1 + \delta_2 X) - (P_1 - c)(a - \varphi a - \gamma_1 P_1 - \delta_1 X) - (P_1 - c) \frac{\gamma_2(\varphi a + \gamma_1 P_2 + \gamma_2 P_1 + \delta_2 X)}{2\gamma_1}$$

$$\pi_2(P_1, P_2, X) = \frac{(\varphi a + \delta_2 X + \gamma_2 P_1 - \gamma_1 P_2)^2}{4\gamma_1} - \frac{\vartheta X^2}{2} \quad (11)$$

اکنون تولیدکننده با در اختیار داشتن سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش، تابع سود جدید  $\pi_1(P_1, P_2, X)$  را نسبت به قیمت‌های خود حداکثر می‌نماید.

**قضیه ۳.** تابع سود جدید تولیدکننده نسبت به قیمت‌های فروش محصول در کانال اینترنتی به مشتریان و در کانال خرده‌فروشی به خرده‌فروش اکیداً و متفصلاً مقعر است.

باتوجه به قضیه ۳، جواب حاصل از حل هم‌زمان مشتقات مرتبه اول تابع سود تولیدکننده نسبت به قیمت‌های خود، بهترین پاسخ تولیدکننده برای قیمت‌های فروش محصول در کانال اینترنتی به مشتریان و در کانال خرده‌فروشی به خرده‌فروش را مشخص خواهد نمود.

**قضیه ۴.** با دانستن سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش ( $X$ )، بهترین پاسخ تولیدکننده به قیمت‌های فروش محصول در کانال اینترنتی به مشتریان و در کانال خرده‌فروشی به خرده‌فروش به شرح زیر است:

$$P_1(X) = \frac{A_4 X + A_2 + c}{2} \quad (12)$$

$$P_2(X) = \frac{A_3 X + A_1 + c}{2} \quad (13)$$

که در آن داریم:

$$A_1 = \frac{\varphi a \gamma_1 + (1 - \varphi) a \gamma_2}{\gamma_1^2 - \gamma_2^2}$$

$$A_2 = \frac{\varphi a \gamma_2 + (1 - \varphi) a \gamma_1}{\gamma_1^2 - \gamma_2^2}$$

$$A_3 = \frac{\delta_2 \gamma_1 - \delta_1 \gamma_2}{\gamma_1^2 - \gamma_2^2}$$

$$A_4 = \frac{\delta_2 \gamma_2 - \delta_1 \gamma_1}{\gamma_1^2 - \gamma_2^2}$$

با جای‌گذاری  $P_1(X)$  و  $P_2(X)$  به دست آمده در روابط (۹) و (۱۱)، قیمت خرده‌فروشی و تابع سود خرده‌فروش نسبت به سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش به صورت زیر به دست خواهند آمد:

$$P_3(X) = \frac{2\delta_2 + A_3\gamma_1 + A_4\gamma_2}{4\gamma_1} X + \frac{2\varphi a + (A_1 + c)\gamma_1 + (A_2 + c)\gamma_2}{4\gamma_1} \quad (14)$$

$$\pi_2(X) = \frac{A_3^2 \gamma_1^2 + (2\delta_2 + A_4\gamma_2)^2}{16\gamma_1} X^2 - \frac{(4A_3\delta_2 + 2A_3A_4\gamma_2 + 8\vartheta) + (2\delta_2 + A_4\gamma_2)^2}{8\gamma_1} X - \frac{(\varphi a - \gamma_1 c + \gamma_2 c)(\gamma_1 A_3 - \gamma_2 A_4 - 2\delta_2)}{8\gamma_1} X \quad (15)$$

خواهد بود.

خرده‌فروش در حالت همکارانه به‌صورت زیر خواهند بود:

$$\pi_1^{**} = \pi_1^* + \theta_1(\pi_3^{**} - \pi_3^*) \quad (26)$$

$$\pi_2^{**} = \pi_2^* + \theta_2(\pi_3^{**} - \pi_3^*) \quad (27)$$

که در آن  $\pi_1^*$ ،  $\pi_2^*$  و  $\pi_3^*$  به ترتیب سود تولیدکننده، خرده‌فروش و کل سیستم به‌دست آمده در حالت رقابتی هستند.

بدیهی است باتوجه به روابط (۲۶) و (۲۷) مقدار سود بازیکنان در حالت همکارانه بیشتر از حالت رقابتی است. در واقع زمانی بازیکنان برای حداکثر نمودن سود کل سیستم باید یکدیگر توافق می‌کنند که اطمینان داشته باشند سود آن‌ها در حالت همکارانه بیشتر از حالت رقابتی است. در غیر این صورت هیچکدام از بازیکنان انگیزه‌ای برای همکاری با یکدیگر نخواهند داشت.

#### ۴. مثال عددی

در این بخش برای نشان دادن نتایج به‌دست آمده از مدل‌های بررسی شده در دو حالت رقابتی و همکارانه یک مثال عددی ارائه می‌شود. مقدار پارامترهای در نظر گرفته در مثال عددی در جدول (۱) مشخص شده است. با استفاده از روابط به‌دست آمده از مدل‌های ارائه شده، مقدار تصمیمات اتخاذ شده، تقاضای محصول در دو کانال و سود هر کدام از اعضا تحت حالت‌های رقابتی و همکارانه در جدول (۲) خلاصه شده است.

جدول (۱): مقدار پارامترهای مسأله در مثال عددی

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
$c$	۵۰۰۰	$\delta_1$	۲۰۰
$a$	۲۰۰۰۰۰	$\delta_2$	۵۰۰
$\varphi$	۰/۴۵	$\theta$	۱۰۰۰۰۰۰۰
$\gamma_1$	۸	$\theta_1$	۰/۷
$\gamma_2$	۳	$\theta_2$	۰/۳

جدول (۲): مقادیر به‌دست آمده از مدل‌ها در مثال عددی

متغیر	حالت رقابتی	حالت همکارانه
قیمت محصول در دو کانال		
$P_1$	۱۲۹۵۲/۸۰	۱۲۹۵۴/۴۰
$P_2$	۱۲۰۷۰/۰۰	-
$P_3$	۱۴۱۱۳/۷۰	۱۲۰۵۱/۴۰
سطح خدمات ارائه شده		
$X$	۰/۷۹	۰/۱۹
تقاضای محصول در دو کانال		
$D_1$	۴۸۵۵۱/۰۰	۴۲۴۸۰/۷۰
$D_2$	۱۶۳۴۹/۳۰	۳۲۵۴۸/۴۰
سود بازیکنان و کل سیستم		
$\pi_1$	۵۰۱۷۶۰۲۴۵/۴۶	۵۲۶۴۱۱۴۴۳/۲۹
$\pi_2$	۳۰۲۵۶۱۰۰/۴۹	۴۰۸۲۰۸۹۹/۵۶
$\pi_3$	۵۳۲۰۱۶۳۴۵/۹۴	۵۶۷۲۳۲۳۴۲/۸۵

قضیه ۹. با دانستن مقدار سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش، بهترین پاسخ کل سیستم نسبت به قیمت‌های نهایی فروش محصول به مشتریان در دو کانال به‌صورت زیر است:

$$P_1(X) = \frac{A_4X + A_2 + c}{2} \quad (20)$$

$$P_3(X) = \frac{A_3X + A_1 + c}{2} \quad (21)$$

با جای‌گذاری  $P_1(X)$  و  $P_3(X)$  به‌دست آمده در رابطه (۶)، تابع سود جدید کل سیستم نسبت به سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \pi_3(X) = & \frac{1}{4}(-2X^2\theta \\ & + (c - A_2 - XA_4)(2a(-1 + \varphi) \\ & + (c + A_2 + XA_4)\gamma_1 \\ & - (c + A_1 + XA_3)\gamma_2 + 2X\delta_1) \\ & + (c - A_1 - XA_3)((c + A_1 + XA_3)\gamma_1 \\ & - (c + A_2 + XA_4)\gamma_2 - 2(a\varphi + X\delta_2)) \end{aligned} \quad (22)$$

اکنون بازیکنان تابع  $\pi_3(X)$  را نسبت به سطح خدمات ارائه شده

توسط خرده‌فروش حداکثر می‌نمایند.

قضیه ۱۰. تابع سود جدید کل سیستم نسبت به سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش اکیداً مقعر است.

قضیه ۱۱. بهترین پاسخ کل سیستم برای سطح خدمات ارائه شده توسط خرده‌فروش به‌صورت زیر است:

$$X^{**} = \frac{A_1\delta_2 - A_2\delta_1 - (\delta_2 - \delta_1)c}{-\gamma_1(A_3^2 + A_4^2) + 2\gamma_2A_3A_4 + 2(\delta_2 - \delta_1)A_4 - 2\theta} \quad (23)$$

با جایگزین نمودن  $X^{**}$  در روابط (۲۰) و (۲۱)، بهترین پاسخ کل

سیستم برای قیمت‌های نهایی فروش محصول به مشتریان در دو کانال نیز به‌دست خواهند آمد.

قضیه ۱۲. بهترین پاسخ بازیکنان برای قیمت‌های ارائه شده در دو کانال به‌صورت زیر خواهند بود:

$$P_1^{**} = \frac{A_4X^{**} + A_2 + c}{2} \quad (24)$$

$$P_3^{**} = \frac{A_3X^{**} + A_1 + c}{2} \quad (25)$$

به‌دلیل حداکثر نمودن سود کل سیستم در حالت همکارانه، مقدار سود کل سیستم در این حالت بیشتر از حالت رقابتی است ( $\pi_3^{**} > \pi_3^*$ ). با این وجود نحوه تقسیم این مقدار سود در حالت همکارانه میان تولیدکننده و خرده‌فروش مشخص نشده است. بدین‌منظور در ادامه از روش چانه‌زنی نش [۲۴] برای تقسیم سود حاصل از همکاری استفاده می‌شود.

فرض می‌شود که  $\theta_1$  قدرت تصمیم‌گیری تولیدکننده نسبت به خرده‌فروش و  $\theta_2$  قدرت تصمیم‌گیری خرده‌فروش نسبت به تولیدکننده در بازار هستند ( $\theta_1 + \theta_2 = 1$ ). در این صورت سود تولیدکننده و خرده‌فروش حاصل از همکاری در حالت همکارانه به‌صورت زیر تعیین می‌شوند.

قضیه ۱۳. با استفاده از روش چانه‌زنی نش، مقدار سود تولیدکننده و

۵- یافته‌ها و نتایج

در این بخش برخی تحلیل‌های به دست آمده از مدل‌های مورد بررسی ارائه خواهند شد.

باتوجه به روابط (۹) و (۱۱) داریم:

$$\frac{\partial P_3(P_1, P_2, X)}{\partial P_2} = \frac{1}{2} > \frac{\partial P_3(P_1, P_2, X)}{\partial P_1} > 0 \quad (28)$$

$$\frac{\partial \pi_2(P_1, P_2, X)}{\partial P_1} > 0, \frac{\partial \pi_2(P_1, P_2, X)}{\partial P_2} < 0, \quad (29)$$

$$\left| \frac{\partial \pi_2(P_1, P_2, X)}{\partial P_1} \right| < \left| \frac{\partial \pi_2(P_1, P_2, X)}{\partial P_2} \right|$$

رابطه (۲۸) بیانگر آن است که اگر  $P_2$  یک واحد افزایش یابد،  $P_3(P_1, P_2, X)$  نصف واحد افزایش می‌یابد؛ درحالی‌که اگر  $P_1$  یک واحد افزایش یابد،  $P_3(P_1, P_2, X)$  کمتر از نیم‌واحد افزایش خواهد یافت. در واقع در حالت رقابتی بهترین پاسخ خرده‌فروش به قیمت خرده‌فروشی با افزایش قیمت فروش محصول به خرده‌فروش توسط تولیدکننده و قیمت محصول در کانال اینترنتی افزایش خواهد یافت. باتوجه به رابطه (۲۹) در حالت رقابتی سود خرده‌فروش با افزایش قیمت محصول در کانال اینترنتی و قیمت فروش محصول به خرده‌فروش توسط تولیدکننده به ترتیب افزایش و کاهش خواهند یافت. شایان ذکر است تأثیر قیمت فروش محصول به خرده‌فروش بر روی سود خرده‌فروش بیشتر از قیمت محصول در کانال اینترنتی است. باتوجه به روابط (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) داریم:

$$\frac{dP_3(X)}{dX} > \frac{dP_2(X)}{dX} > \frac{dP_1(X)}{dX} > 0 \quad (30)$$

$$\frac{dP_3(X)}{d\varphi} > \frac{dP_2(X)}{d\varphi} = -\frac{dP_1(X)}{d\varphi} > 0 \quad (31)$$

رابطه (۳۰) نشان می‌دهد که در حالت رقابتی قیمت خرده‌فروشی محصول با افزایش خدمات خرده‌فروشی افزایش می‌یابد. همچنین شدت تغییرات قیمت خرده‌فروشی نسبت به خدمات خرده‌فروشی بیشتر از تغییرات قیمت فروش محصول به خرده‌فروش و قیمت کانال اینترنتی است. باتوجه به رابطه (۳۱) با افزایش سهم بازار محصول در کانال خرده‌فروشی قیمت خرده‌فروشی و قیمت فروش به خرده‌فروش افزایش می‌یابند، درحالی‌که قیمت کانال اینترنتی کاهش خواهد یافت. همچنین شدت تغییرات قیمت فروش به خرده‌فروش و قیمت کانال اینترنتی نسبت به سهم بازار محصول در کانال خرده‌فروشی یکسان هستند.

باتوجه به روابط (۲۰) و (۲۱) داریم:

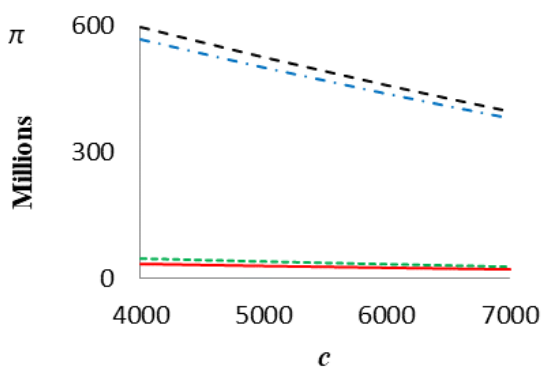
$$\frac{dP_3(X)}{dX} > \frac{dP_1(X)}{dX} > 0 \quad (32)$$

$$\begin{cases} \frac{dP_3(X)}{dX} > \frac{dS(X)}{dX} & \text{if } X < \frac{A_3}{2\theta} \\ \frac{dP_3(X)}{dX} \leq \frac{dS(X)}{dX} & \text{if } X \geq \frac{A_3}{2\theta} \end{cases} \quad (33)$$

مطابق با رابطه (۳۲) درحالت همکارانه قیمت خرده‌فروشی محصول با افزایش خدمات خرده‌فروشی افزایش می‌یابد. علاوه بر این میزان تغییرات قیمت خرده‌فروشی محصول نسبت به خدمات خرده‌فروشی بیشتر از میزان تغییرات قیمت کانال اینترنتی است.

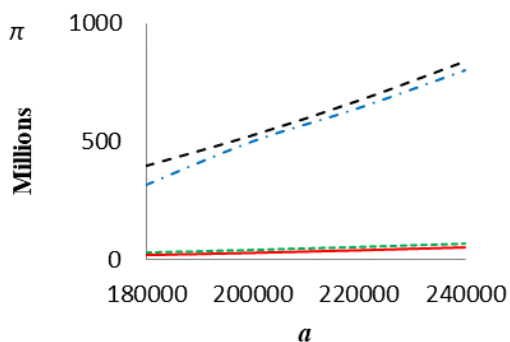
همچنین رابطه (۳۳) نشان می‌دهد که وقتی سطح خدمات خرده‌فروشی کمتر از یک حد آستانه  $A_3/2\theta$  باشد، شدت تغییرات قیمت خرده‌فروشی نسبت به خدمات خرده‌فروشی بیشتر از تغییرات هزینه انجام خدمات خرده‌فروشی است. این بدان معناست که خرده‌فروش می‌تواند از بهبود خدمات خود سود ببرد.

اکنون یک تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مسئله انجام می‌شود تا تأثیر تغییر پارامترها بر روی مقادیر سود بازیکنان مشخص گردد. بدین منظور مقادیر پیش فرض پارامترها برابر با مقادیر مشخص شده در جدول (۱) مربوط به مثال عددی در نظر گرفته شده و سپس تحلیل حساسیت مربوط به هر پارامتر بر روی مقادیر سود بازیکنان مشخص می‌شود. تحلیل حساسیت مربوط به هزینه تولید محصول در شکل (۱) نشان داده شده است. باتوجه به شکل (۱) با افزایش هزینه تولید محصول، سود بازیکنان در حالت‌های رقابتی و همکارانه کاهش خواهند یافت. می‌توان گفت که با افزایش هزینه تولید محصول، سود حاشیه‌ای بازیکنان کمتر شده و در نتیجه سود آن‌ها کاهش می‌یابند.

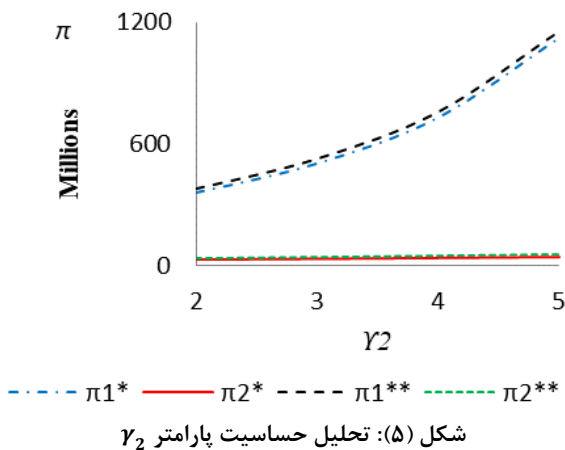


شکل (۱): تحلیل حساسیت پارامتر c

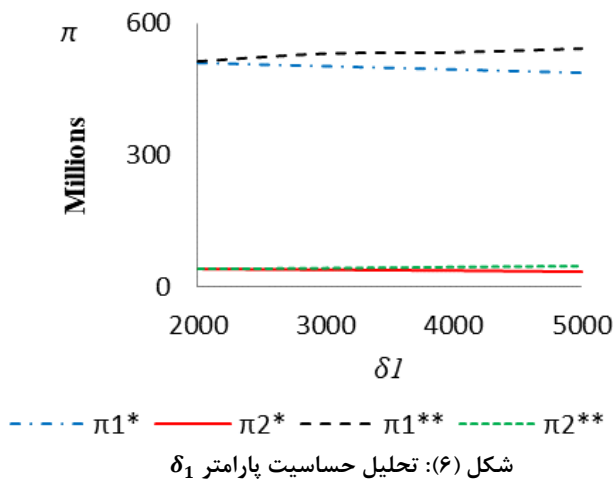
نحوه تغییر سود بازیکنان با تغییر پایه بازار محصول در شکل (۲) ارائه شده است. همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، با افزایش پایه بازار محصول، سود بازیکنان در حالت‌های رقابتی و همکارانه افزایش می‌یابند. در واقع با افزایش پایه بازار محصول، تقاضای آن افزایش یافته و در نتیجه سود بازیکنان بیشتر خواهند شد.



شکل (۲): تحلیل حساسیت پارامتر a



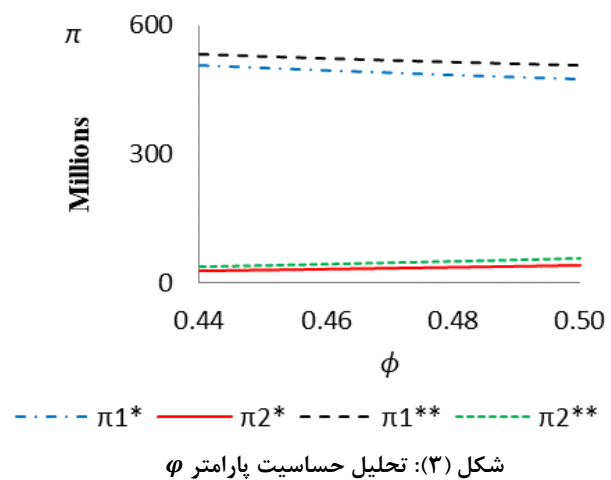
تحلیل حساسیت مربوط به کشسانی سطح خدمات خرده‌فروش بر روی تقاضای محصول در کانال اینترنتی در شکل (۶) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۶) با افزایش کشسانی سطح خدمات خرده‌فروش بر روی تقاضای محصول در کانال اینترنتی، سود بازیکنان در حالت رقابتی کاهش و در حالت همکارانه افزایش می‌یابند.



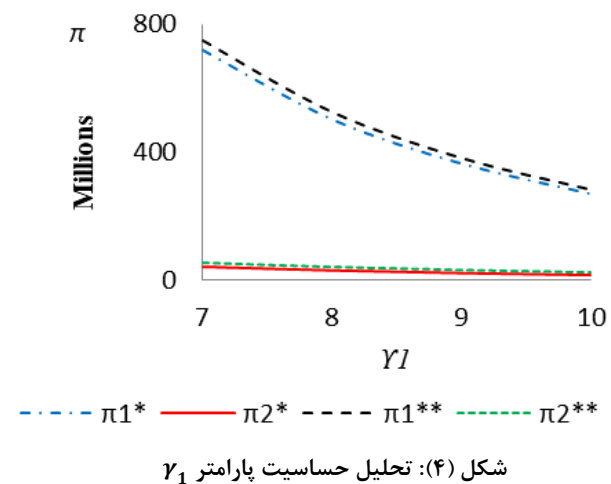
تحلیل حساسیت مربوط به کشسانی سطح خدمات خرده‌فروش بر روی تقاضای محصول در کانال خرده‌فروشی به صورت شکل (۷) است. همان‌طور که در شکل (۷) نشان داده شده است، با افزایش کشسانی سطح خدمات خرده‌فروش بر روی تقاضای محصول در کانال خرده‌فروشی، سود بازیکنان در حالت‌های رقابتی و همکارانه افزایش خواهند یافت. در واقع با افزایش کشسانی سطح خدمات خرده‌فروش، تقاضای محصول بیشتر شده و بنابراین سود بازیکنان افزایش می‌یابند.

با تغییر هزینه هرواحد تلاش خرده‌فروش برای ارائه خدمات، سود بازیکنان به صورت شکل (۸) تغییر خواهند نمود. همچنین با توجه به شکل (۸) با افزایش هزینه تلاش خرده‌فروش برای ارائه خدمات، سود تولیدکننده افزایش یافته در حالی که سود خرده‌فروش کاهش می‌یابد.

با تغییر نسبت تمایل به خرید مشتریان از کانال خرده‌فروشی سود بازیکنان به صورت شکل (۳) تغییر می‌یابد. با توجه به شکل (۳) با افزایش نسبت تمایل به خرید مشتریان از کانال خرده‌فروشی، سود تولیدکننده و خرده‌فروش به ترتیب کاهش و افزایش خواهند یافت.



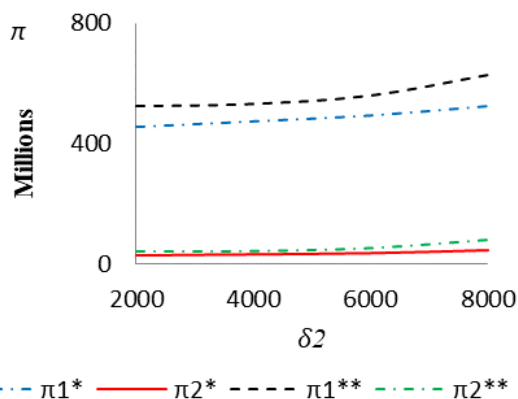
تحلیل حساسیت مربوط به کشسانی دفعی تقاضای هر کانال نسبت به قیمت ارائه شده در آن کانال به صورت شکل (۴) است. همان‌طور که در شکل (۴) نشان داده شده است، با افزایش کشسانی دفعی تقاضای هر کانال نسبت به قیمت ارائه شده در آن کانال، سود بازیکنان کاهش می‌یابند.



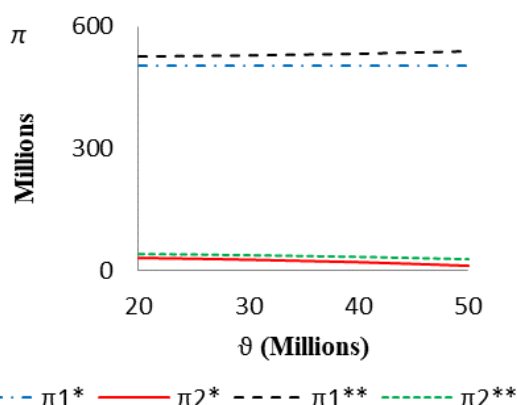
نحوه تغییر سود بازیکنان با تغییر کشسانی جذبی تقاضای هر کانال نسبت به قیمت ارائه شده در کانال دیگر در شکل (۵) نشان داده شده است. همچنین شکل (۵) نشان می‌دهد که با افزایش کشسانی جذبی تقاضای هر کانال نسبت به قیمت ارائه شده در کانال دیگر، سود بازیکنان نیز در حالت‌های رقابتی و همکارانه افزایش خواهند یافت. شایان ذکر است که با افزایش کشسانی دفعی و کاهش کشسانی جذبی، تعداد بیشتری از مشتریان از خرید محصول منصرف می‌شوند. این بدان معنی است که باین تغییرات تقاضای محصول کمتر شده و در نتیجه سود بازیکنان نیز کاهش خواهند یافت.

- درحالت رقابتی بهترین پاسخ خرده‌فروش به قیمت خرده‌فروشی با افزایش قیمت فروش محصول به خرده‌فروش توسط تولیدکننده و قیمت محصول در کانال اینترنتی افزایش می‌یابد.
- درحالت رقابتی سود خرده‌فروش با افزایش قیمت محصول در کانال اینترنتی و قیمت فروش محصول به خرده‌فروش توسط تولیدکننده به ترتیب افزایش و کاهش خواهد یافت.
- شدت تغییرات قیمت خرده‌فروشی نسبت به خدمات خرده‌فروشی بیشتر از تغییرات قیمت فروش محصول به خرده‌فروش و قیمت کانال اینترنتی است.
- شدت تغییرات قیمت فروش به خرده‌فروش و قیمت کانال اینترنتی نسبت به سهم بازار محصول در کانال خرده‌فروشی یکسان هستند.
- میزان تغییرات قیمت خرده‌فروشی محصول نسبت به خدمات خرده‌فروشی بیشتر از میزان تغییرات قیمت کانال اینترنتی است.
- وقتی سطح خدمات خرده‌فروشی کمتر از یک حد آستانه باشد، شدت تغییرات قیمت خرده‌فروشی نسبت به خدمات خرده‌فروشی بیشتر از تغییرات هزینه انجام خدمات خرده‌فروشی است.
- با کاهش هزینه تولید محصول و افزایش پایه بازار آن، سود بازیکنان در حالت‌های رقابتی و همکارانه افزایش خواهند یافت.
- با کاهش کشسانی دفاعی تقاضای هر کانال نسبت به قیمت ارائه شده در آن کانال و با افزایش کشسانی جذبی تقاضای هر کانال نسبت به قیمت ارائه شده در کانال دیگر، سود بازیکنان افزایش می‌یابد.
- با افزایش هزینه تلاش خرده‌فروش برای ارائه خدمات، سود تولیدکننده افزایش یافته درحالی که سود خرده‌فروش کاهش می‌یابد.

در تحقیقات آتی می‌توان از سایر مدل‌های نظریه بازی ارائه شده در ادبیات موضوع برای اخذ تصمیمات در مسأله مورد بررسی استفاده نمود. می‌توان تصمیمات دیگری از جمله تبلیغات را نیز در ساختار معرفی شده در نظر گرفت. همچنین می‌توان از انواع قراردادهای معرفی شده در مدیریت زنجیره تأمین برای هماهنگ‌سازی تصمیمات استفاده نمود.



شکل (۷): تحلیل حساسیت پارامتر  $\delta_2$



شکل (۸): تحلیل حساسیت پارامتر  $\theta_1$

## ۶. نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این تحقیق تصمیمات قیمت‌گذاری و خدمات خرده‌فروشی در یک زنجیره تأمین دوکاناله شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از رویکرد نظریه بازی در دو حالت رقابتی و همکارانه برای اتخاذ تصمیمات در زنجیره تأمین مورد بررسی استفاده گردید.

درحالت رقابتی، هرکدام از بازیکنان سعی بر آن داشتند تا سود خود را به‌طور مجزا حداکثر نمایند. در این حالت از یک بازی استکلبرگ که در آن تولیدکننده رهبر و خرده‌فروش پیرو بازی است، برای تعیین قیمت محصول در کانال‌های اینترنتی و خرده‌فروشی استفاده شد. درحالت همکارانه، تولیدکننده و خرده‌فروش بایکدیگر همکاری نموده و تصمیمات به‌صورت همکارانه تعیین شدند. در این حالت تولیدکننده و خرده‌فروش بایکدیگر همکاری نمودند تا سود کل سیستم را حداکثر نمایند.

سپس برای نشان دادن نتایج به‌دست آمده از مدل‌های بررسی شده در دو حالت رقابتی و همکارانه یک مثال عددی ارائه شد. در ادامه تصمیمات به‌دست آمده از مدل‌های مورد بررسی تحلیل شده و برخی نتایج حاصل از آن‌ها ارائه شدند. درنهایت یک تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مسأله انجام شد تا تأثیر تغییر پارامترها بر روی مقادیر سود بازیکنان مشخص گردد. نتایج حاکی از آن هستند که:



## بیوست (اثبات قضایا)

$$-\delta_1 X \frac{\partial \pi_3}{\partial P_3} = \varphi a + \gamma_1(c - 2P_3) - \gamma_2(c - 2P_1) + \delta_2 X \quad (\text{پ } 9)$$

ماتریس هسین به صورت زیر به دست خواهد آمد:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_3}{\partial P_1^2} & \frac{\partial^2 \pi_3}{\partial P_1 \partial P_3} \\ \frac{\partial^2 \pi_3}{\partial P_3 \partial P_1} & \frac{\partial^2 \pi_3}{\partial P_3^2} \end{bmatrix} = 2 \begin{bmatrix} -\gamma_1 & \gamma_2 \\ \gamma_2 & -\gamma_1 \end{bmatrix} \quad (\text{پ } 10)$$

به راحتی ثابت می‌شود ماتریس هسین معین منفی بوده و در نتیجه تابع  $\pi_3$  نسبت به  $P_1$  و  $P_3$  اکیداً و متفقاً مقعر است.

**اثبات قضیه ۹.** با حل هم‌زمان روابط (پ ۸) و (پ ۹) نسبت به  $P_1$  و  $P_3$  روابط (۲۰) و (۲۱) به دست می‌آیند.

**اثبات قضیه ۱۰.** با محاسبه مشتق دوم تابع  $\pi_3(X)$  نسبت به  $X$  قضیه ۱۰ به راحتی قابل اثبات است.

**اثبات قضیه ۱۱.** با حل مشتق اول  $\pi_3(X)$  نسبت به  $X$  رابطه (۲۳) به دست خواهد آمد.

**اثبات قضیه ۱۲.** با جای‌گذاری رابطه (۲۳) در روابط (۲۰) و (۲۱) روابط (۲۴) و (۲۵) قابل دستیابی است.

**اثبات قضیه ۱۳.** این قضیه نتیجه به دست آمده از روش چانه‌زنی نش است که با توجه به پیچیدگی مبحث از توضیح آن خودداری شده و فقط نتیجه نهایی ارائه شده است.

## مراجع

- [1] Xu, J., Zhou, X., Zhang, J., Long, D.Z. (2019). The optimal channel structure with retail costs in a dual-channel supply chain, *International Journal of Production Research*, 1-29.
- [2] Jabarzare, N., Rasti-Barzoki, M. (2019). A game theoretic approach for pricing and determining quality level through coordination contracts in a dual-channel supply chain including manufacturer and packaging company, *International Journal of Production Economics*, 1074-1080.
- [3] Takahashi, K., Aoi, T., Hirotsu, D., Morikawa, K. (2011). Inventory control in a two-echelon dual-channel supply chain with setup of production and delivery, *International Journal of Production Economics*, 133: 403-415.
- [4] Li, G., Li, L., Sethi, S.P., Guan, X. (2019). Return strategy and pricing in a dual-channel supply chain, *International Journal of Production Economics*, 215: 153-164.
- [5] Zhou, J., Zhao, R., Wang, B. (2020). Behavior-based price discrimination in a dual-channel supply chain with retailer's information disclosure, *Electronic Commerce Research and Applications*, 39: 1009-1016.
- [6] Batarfi, R., Jaber, M.Y., Glock, C.H. (2019). Pricing and inventory decisions in a dual-channel supply chain with learning and forgetting, *Computers & Industrial Engineering*, 136: 397-420.
- [7] Ranjan, A., Jha, J.K. (2019). Pricing and coordination strategies of a dual-channel supply chain considering green quality and sales effort, *Journal of cleaner production*, 218: 409-424.
- [8] Balasubramanian, S. (1998). Mail versus mall: a strategic analysis of competition between direct marketers and conventional retailers, *Marketing Science*, 17(3): 181-195.

**اثبات قضیه ۱.** کافی است ثابت شود که مشتق دوم تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت خرده‌فروشی منفی است. داریم:

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial P_3} = \varphi a + (P_2 - 2P_3)\gamma_1 + P_1\gamma_2 + X\delta_2 \quad (\text{پ } 1)$$

$$\frac{\partial^2 \pi_2}{\partial P_3^2} = -2\gamma_1 < 0 \quad (\text{پ } 2)$$

باتوجه به رابطه (پ ۲) تابع  $\pi_2$  نسبت به  $P_3$  اکیداً مقعر است.

**اثبات قضیه ۲.** با حل رابطه (پ ۱) نسبت به  $P_3$  رابطه (۹) به راحتی قابل دستیابی است.

**اثبات قضیه ۳.** با محاسبه مشتقات اول تابع  $\pi_1(P_1, P_2, X)$  نسبت به  $P_1$  و  $P_2$  داریم:

$$\frac{\partial \pi_1(P_1, P_2, X)}{\partial P_1} = \frac{1}{2}(2(c - 2P_1)\gamma_1 - (c - 2P_2)\gamma_2 - 2(a(-1 + \varphi) + X\delta_1) + \gamma_2(a\varphi - (c - 2P_1)\gamma_2 + X\delta_2)) \quad (\text{پ } 3)$$

$$\frac{\partial \pi_1(P_1, P_2, X)}{\partial P_2} = \frac{\gamma_1}{2}(a\varphi + (c - 2P_2)\gamma_1 - (c - 2P_1)\gamma_2 + X\delta_2) \quad (\text{پ } 4)$$

اکنون با محاسبه مشتقات مرتبه دوم، ماتریس هسین به دست خواهد آمد:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_1}{\partial P_1^2} & \frac{\partial^2 \pi_1}{\partial P_1 \partial P_2} \\ \frac{\partial^2 \pi_1}{\partial P_2 \partial P_1} & \frac{\partial^2 \pi_1}{\partial P_2^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\gamma_1 + \frac{\gamma_2^2}{\gamma_1} & \gamma_2 \\ \gamma_2 & -\gamma_1 \end{bmatrix} \quad (\text{پ } 5)$$

از آنجایی که عناصر روی قطر اصلی این ماتریس منفی بوده و دترمینان آن مثبت است، بنابراین ماتریس هسین معین منفی بوده و در نتیجه تابع  $\pi_1(P_1, P_2, X)$  نسبت به  $P_1$  و  $P_2$  اکیداً و متفقاً مقعر است.

**اثبات قضیه ۴.** با حل هم‌زمان روابط (پ ۳) و (پ ۴) نسبت به  $P_1$  و  $P_2$  روابط (۱۲) و (۱۳) به دست خواهند آمد.

**اثبات قضیه ۵.** داریم:

$$\frac{\partial \pi_2(X)}{\partial X} = \frac{8\gamma_1}{-\gamma_1(8X\vartheta + c\delta_2) + \delta_2(a\varphi + c\gamma_2 + X\delta_2)} \quad (\text{پ } 6)$$

$$\frac{\partial^2 \pi_2(X)}{\partial X^2} = -\vartheta + \frac{\delta_2^2}{8\gamma_1} < 0 \quad (\text{پ } 7)$$

باتوجه به این که  $\vartheta$  به اندازه کافی بزرگ انتخاب می‌گردد، رابطه (پ ۷) منفی بوده و بنابراین  $\pi_2(X)$  نسبت به  $X$  اکیداً مقعر است.

**اثبات قضیه ۶.** با حل رابطه (پ ۶) نسبت به  $X$  رابطه (۱۶) به راحتی قابل دستیابی است.

**اثبات قضیه ۷.** با جای‌گذاری رابطه (۱۶) در روابط (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) به ترتیب روابط (۱۷)، (۱۸) و (۱۹) به دست خواهند آمد.

**اثبات قضیه ۸.** با محاسبه مشتق اول  $\pi_3$  نسبت به  $P_1$  و  $P_3$  داریم:

$$\frac{\partial \pi_3}{\partial P_1} = (1 - \varphi)a + \gamma_1(c - 2P_1) - \gamma_2(c - 2P_3) \quad (\text{پ } 8)$$

- supply chain under price and delivery-time dependent stochastic demand, *European Journal of Operational Research*, 272(1): 147-161.
- [18] Wang, L., Song, Q. (2020). Pricing policies for dual-channel supply chain with green investment and sales effort under uncertain demand, *Mathematics and Computers in Simulation*, 171: 79-93.
- [19] Zhu, B., Wen, B., Ji, S., Qiu, R. (2020). Coordinating a dual-channel supply chain with conditional value-at-risk under uncertainties of yield and demand, *Computers & Industrial Engineering*, 139: 1061-1081.
- [20] Dumrongsiri, A., Fan, M., Jain, A., Moinezhadeh, k. (2008). A supply chain model with direct and retail channels, *European Journal of Operational Research*, 187(3): 691-718.
- [21] Yan, R.L., Pei, Z. (2009). Retail services and firm profit in a dual-channel market, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 16(4): 306-314.
- [22] Sarkar, A., Pal, B. (2021). Competitive pricing strategies of multi-channel supply chain under direct servicing by the manufacturer, *RAIRO-Operations Research*, 55: 1849-1873.
- [23] Salmasnia, A., Hatami, A. (2021). An integrated maintenance planning, warranty policy, technology level and pricing model considering time value of money in a three-level servicing contract, *Scientia Iranica*, Inpress.
- [24] Nash Jr, J.F. (1950). The bargaining problem, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 155-162.
- [9] Levary, R., Mathieu, R.G. (2000). Hybrid retail: integrating e-commerce and physical stores, *Industrial Management*, 42(5): 6-13.
- [10] Geyskens, I., Gielens, K., Dekimpe, M.G. (2002). The market valuation of Internet channel additions, *Journal of Marketing*, 66(2): 102-119.
- [11] Ahn, H.S., Duenyas, I., Zhang, R. (2002). Price Competition between Retailers and Manufacturer-Owned Stores, Working Paper, University of California at Berkeley.
- [12] Fruchter, G.E., Tapiero, C.S. (2005). Dynamic online and offline channel pricing for heterogeneous customers in virtual acceptance, *International Game Theory Review*, 7(2): 137-150.
- [13] Chun, S.H., Kim, J.C. (2005). Pricing strategies in B2C electronic commerce: analytical and empirical approaches, *Decision Support Systems*, 40(2): 375-388.
- [14] Cai, G.G., Zhang, Z.G., Zhang, M. (2009). Game theoretical perspectives on dualchannel supply chain competition with price discounts and pricing schemes, *International Journal of Production Economics*, 117(1): 80-96.
- [15] Yao, D., Yue, X., Wang, X. (2005). The impact of information sharing on a returns policy with the addition of a direct channel, *International Journal of Production Economics*, 97(2): 196-209.
- [16] Yue, X., Liu, J. (2006). Demand forecast sharing in a dual-channel supply chain, *European Journal of Operational Research*, 174(1): 646-667.
- [17] Modak, N.M., Kelle, P. (2019). Managing a dual-channel



DOI: 10.22084/ier.2022.26216.2086

## Pricing and Retail-Servicing Decisions Under a Supply Chain Including One Manufacturer and one Retailer Applying Game Theory

H. Jafari<sup>1\*</sup>, M. H. Haghghi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Golpayegan Technical and Engineering Faculty, Isfahan University of Technology, Golpayegan, Iran

<sup>2</sup> PhD student, Faculty of Industrial Engineering, Amir Kabir University of Technology, Tehran, Iran

### ARTICLE INFO

#### **Article history:**

Received 3 October 2021

Accepted 6 February 2022

#### **Keywords:**

Supply Chain Management  
Dual-channel Supply Chain  
Pricing  
Retail Services  
Game Theory

### ABSTRACT

In this study, pricing and retail-servicing decisions are investigated on a dual-channel supply chain including one manufacturer and one retailer. For this reason, the game-theoretic approach is used to make the decisions under both the competitive and cooperative situations in the considered supply chain. Under the competitive situation, the players maximize their profits independently, while under the cooperative situation, the manufacturer and retailer cooperate to maximize the profit of the whole system. A numerical example is presented to illustrate the obtained results. Then, the analysis obtained from the investigated models will be presented. The results indicate that the retailer's profit increases by increasing the price in the e-tail channel as well as by decreasing the price set by the manufacturer to the retailer. Under the competitive situation, the retail price increases as the retail services increase. The change of the retail price with respect to the retail services is greater than the change of the etail price. Under the cooperative situation, the retail price of the product increases by increasing the retail services. In addition, the change of the retail price with respect to the retail services is higher than the change of the etail price. Finally, a sensitivity analysis is performed on the considered parameters to determine the effect of the change of the parameters on the players' profits.

\* Corresponding author. H. Jafari  
Tel.:031-57243238; E-mail address: [hamed.jafari@iut.ac.ir](mailto:hamed.jafari@iut.ac.ir)