مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۳۹۵)
دوره‌ی ۱-۳۲، شماره‌ی ۲/۱، ص. ۷۷-۸۷

Original Article

مدل احتمالی قیمت‌گذاری و بازاریابی مشارکتی با در نظرگرفتن اثرات هیجانی بازار

عطاءالله طالعی‌زاده* (استادیار)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه تهران

زاهده چراغی (دانشجوی کارشناسی ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

یکی از مسائل مهم درکسب‌وکار، هماهنگی میان سیاست‌های قیمت‌گذاری و بازاریابی است. همکاری در تبلیغات نیز یکی از راه‌های مقرون به صرفه برای رسیدن به اهداف بازاریابی است، به‌طوری که تولیدکننده درصدی از هزینه‌های تبلیغات خرده‌فروش را به عهده می‌گیرد. همچنین اثرات هیجانی بازار که به‌صورت نوسانات محصول خود را نشان می‌دهد، در رسیدن به این اهداف تأثیرگذارند. در این نوشتار با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها چهار استراتژی شامل بازی نش، بازی استکلبرگ ـ تولیدکننده رهبر، بازی استکلبرگ ـ خرده‌فروش رهبر و بازی همکاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای به دست آوردن مقادیر بهینه، محدب بودن توابع هدف در هر حالت اثبات، و برای هریک از حالت‌ها یک مثال عددی و تحلیل حساسیت ارائه می‌شود. براساس یافته‌های تحقیق مشخص شد، که اثرات هیجانی بازار با افزایش هزینه‌های تبلیغات همراه خواهد بود، اما موجب افزایش سود اعضای زنجیره و درنتیجه کل سیستم نیز خواهد شد.

واژگان کلیدی: قیمت‌گذاری، بازاریابی، اثرات هیجانی، زنجیره‌ی تأمین دوسطحی، نظریه‌ی بازی‌ها.

taleizadeh@ut.ac.ir
zahedeh.cheraghi@gmail.com

۱. مقدمه

برای یک زنجیره‌ی تأمین غیرمتمرکز که هر عضو آن زنجیره یک تصمیم‌گیرنده‌ی مستقل است، دو موضوع مطرح است:۱. اعضای زنجیره‌ی تأمین برای بهبود سود و عملکرد خاص خود رقابت می‌کنند؛ ۲. اعضای زنجیره‌ی تأمین ممکن است برای داشتن یک تعهد و قرارداد، به‌منظور هماهنگ‌سازیِ استراتژی‌هایشان در بهبود عملکرد کل سیستم توافق کنند.

همکاری در تبلیغات، توافقی است که در آن خرده‌فروش عهده‌دار اجرای تبلیغات محلی است و تولیدکننده پرداخت بخشی از کل هزینه‌های آن را متعهد می‌شود.[۱و۲] در این صورت خرده‌فروش با ارتقاء سطح تبلیغات خود موجب فروش بیشتر می‌شود که به‌نفع تولیدکننده و خرده‌فروش است.[۳] برای تحلیل این روابط متغیری به‌نام «نرخ مشارکت» تعریف می‌شود که عبارت است از درصدی از هزینه‌های تبلیغات محلی که توسط تولیدکننده پرداخت می‌شود.

هنگامی که محصول وارد بازار می‌شود اثرات هیجانی و مطرح شدن آن در بازار باعث افزایش حجم خرید محصول و میزان تقاضای آن می‌شود. از سوی دیگر گاهی به دلایل مختلف ــ نظیر هیجانات بازار، ارتباطات تأمین‌کنندگان و فروشندگان، موضوع واردات و صادرات کالا، شایعات،... ــ الگوی مصرف برخی از مشتریان و تبلیغات نقش به‌سزایی بر میزان تقاضا دارد. تأثیرپذیری تقاضا از این عوامل هیجانی را می‌توان به‌صورت یک متغیر تصادفی تعریف کرد که بر تابع تقاضا اثرگذار است. از طرفی عدم قطعیت در پذیرش و استقبال از بازارِ محصول ناشی از جدید بودن محصول است و شاید در بین محصولات رقیب نیز محصول جدیدِ دیگری هم وجود داشته باشد. این امر ممکن است از انتظارات فروشندگان درمورد پذیرش محصول در بازار بکاهد. از سوی دیگر یک معرفی ذاتی، حتی برای محصولات با سابقه‌ی فروش همیشه وجود دارد.[۴] تبلیغات و بازاریابی در ایجاد این معروفیت نقش مهمی می‌تواند داشته باشد و اثرات هیجانی بازار در سود اعضای زنجیره و در نتیجه کل زنجیره‌ی تأمین تأثیرگذار خواهد بود.

«قیمت‌گذاری» و «تبلیغات با همکاری» دو عامل تصمیم‌گیری درکسب‌وکار هستند که در این تحقیق با درنظرگرفتن تأثیرات هیجانی بازار مورد بررسی قرار می‌گیرند و می‌توانند باعث افزایش یا کاهش تقاضا شوند. در تعدادی از مطالعات انجام‌شده، سیاست‌های قیمت‌گذاری و تبلیغات به‌طور همزمان در هماهنگی یک زنجیره‌ی تأمین مد نظر قرارگرفته‌اند اما در هیچ‌یک از آنها اثرات هیجانی بازار در نظر گرفته نشده است.[۵-۷] به‌گفته‌ی برخی از محققین[۸] توابع تقاضای متفاوت، منجر به نتایج متفاوت قابل ملاحظه می‌شود. یو و همکاران[۹] در چارچوب استاتیک، مدل‌های پیشنهادی محققین[۱۰و۱۱] راکه طی آن نقش تبلیغات همکارانه در هماهنگی زنجیره‌ی تأمین با استفاده از مدل‌های نظریه‌ی بازی تجزیه و تحلیل شده، توسعه داده‌اند. آنها این کار را با توجه به تقاضای حساس به قیمت انجام داده‌اند و تأثیر تخفیف

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۳/۸/۲۵، اصلاحیه ۱۳۹۴/۳/۳۰، پذیرش ۱۳۹۴/۴/۷.

مستقیم از سوی تولیدکننده به مشتری را که ممکن است در یک کانال هماهنگ اتفاق بیفتد، مورد مطالعه قرار داده‌اند. همچنین نتایج حاصل از بازی استکلبرگ ـ تولیدکننده رهبر را با بازی همکاری مقایسه کرده‌اند. جورجن‌سن و زاکور[۱۲] یک مدل بازی تفاضلی[1] را پیشنهاد کرده‌اند که در آن تصمیمات قیمت‌گذاری و تبلیغات در یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی، تحت دو حالت همکاری و غیرهمکاری مد نظر قرار گرفته است. در مطالعه‌ی آنها تقاضای مصرف‌کننده تحت تأثیر قیمت خرده‌فروش و تبلیغات است. جورجن‌سن و همکاران[۱۳] نقش رهبر را در یک کانال بازاریابی با یک تولیدکننده و یک خرده فروش در نظر گرفته‌اند، به‌نحوی که هر بازیکن، تبلیغات و سود حاشیه‌یی خود را کنترل می‌کند. در مدل آنها، تقاضای مصرف‌کننده متأثر از تبلیغات و قیمت خرده‌فروش است. جورجن‌سن و زاکور[۱۴] تقاضای مصرف‌کننده را به‌عنوان یک متغیر افزاینده نسبت به قیمت خرده‌فروش و تبلیغات در یک مجموعه‌ی پویا مدل‌سازی کرده، و سپس نتایج استراتژی‌های هماهنگی را با موارد ناهماهنگ مقایسه کرده‌اند. هی و همکاران[۱۵] یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی با یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده را به‌عنوان یک بازی تفاضلیِ استکلبرگ مدل‌سازی کرده‌اند. در این بازی، تقاضا تابعی از قیمت خرده‌فروش و تبلیغات است. اسمیروکوسکیی و ژانگ[۱۶] قیمت‌گذاری و تبلیغات را در یک زنجیره‌ی تأمین دو عضوی در نظر گرفتند، که در آن تقاضای مشتری بستگی به قیمت خرده‌فروش و تبلیغات دارد. آنها با درنظرگرفتن تولیدکننده به‌عنوان رهبر، به تصمیم‌گیری‌های بهینه‌ی خرده‌فروش و تولیدکننده رسیده‌اند. ونگ و همکاران[۱۷] پس از بررسی این که سیاست‌های همکاری در تبلیغات و سودهای اعضا چگونه تحت تأثیر رفتارهای مختلف رقابتی قرار می‌گیرند، انگیزه‌ی شرکا را برای تغییر ساختار مورد مطالعه قرار دادند. نعیمی صدیق و همکاران[۱۸] یک زنجیره‌ی تأمین چندمحصولی شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش را بررسی کردند. آنها بازی‌های استکلبرگ را در حالتی که قیمت و تبلیغات بر تابع تقاضا مؤثرند، مطالعه کردند. یو و همکاران[۱۹] یک رویکرد نظریه‌ی بازی‌ها را در یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی مطالعه و تخفیف‌های قیمت را در بازی‌های همکاری و غیرهمکاری بررسی کردند. برادران کاظم‌پور و قهاری[۲۰] نیز با توسعه‌ی تحقیقات اسمیرکووسکی و ژانگ،[۱۶] در یک زنجیره‌ی تأمین سه‌سطحی ــ شامل یک تولیدکننده، یک توزیع‌کننده، و یک خرده‌فروش ــ تبلیغات مشارکتی و غیرمشارکتی را مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

در سال ۲۰۱۱ یک رویکرد مشابه با توابع تقاضای متفاوت مورد مطالعه قرار گرفت[۲۱و۲۲] و طی آن نتایج بهینه‌ی بازی همکاری با بازی‌های غیرهمکاری مقایسه شد. بدین ترتیب برخی از محققین سه بازی غیرهمکاری و یک بازی همکاری را در تبلیغات مشارکتی توسعه دادند،[۱و۲۱] در حالی که محققین دیگر[۲۲] فقط دو مدل بازی، شامل بازی همکاری و بازی استکلبرگ تولیدکننده ـ رهبر را توسعه دادند. یان[۲۳] در محیط بازاریابی الکترونیکی، مدل زی و وی[۲۲] را ایجاد کرد. آئوست و بوسچر[۲] با توسعه‌ی مدل سیداصفهانی و همکاران[۱] به تصمیمات قیمت‌گذاری و همکاری در تبلیغات در یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی با یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش پرداخته‌اند. آنها با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها، ضمن بررسی چهار استراتژی، سیاست‌های همکاری و غیرهمکاری را با هم مقایسه کردند. کانتر[۲۴] هماهنگی کانال زنجیره‌ی تأمین را با استفاده از قرارداد پرداخت حق امتیاز ایجاد کرده است. گیری و شارما[۲۵و۲۶] استراتژی‌های قیمت‌گذاری تولیدکننده را در یک زنجیره‌ی تأمین، شامل یک تولیدکننده (در نقش رهبر) و دو خرده‌فروش رقیب مطالعه کردند. آنها تغییرات در مشارکت تولیدکننده در تبلیغات، و نیز تبلیغات همکاری و غیرهمکاری را بررسی کردند. طالعی‌زاده و چراغی[۲۷] نیز به مدل‌سازی و حل یک مسئله‌ی بهینه‌سازی قیمت‌گذاری و تبلیغات مشارکتی پرداختند؛ در این تحقیق تابع تقاضا و تابع تبلیغات با سایر توابع تبلیغاتی که در تحقیقات پیشین استفاده شده متفاوت است.

اما در مطالعاتی که تاکنون انجام شده توابع تقاضا متأثر از دو عامل قیمت و هزینه‌های تبلیغات بوده است و دیگر عوامل تأثیرگذار بر تقاضای محصول و درنتیجه سود اعضای زنجیره در نظر گرفته نشده است. چن و همکارانش[۴] یک قرارداد هماهنگی را درکانال زنجیره‌ی تأمینی با یک خرده‌فروش و یک تأمین‌کننده بررسی کردند و طی آن تصمیم‌گیری قیمت‌گذاری و موجودی تحت عدم قطعیت بررسی شده است. ایشان در مدل خود تأثیرات نوسانات محصول[2] را که مستقل از قیمت است، به‌صورت یک متغیر تصادفی در نظر گرفتند؛ تابع تقاضای آنها در مدل دومرحله‌یی روزنامه‌فروش، وابسته به قیمت و مدت نوسانات تصادفی است.

اما در تحقیق حاضر با بهره‌گیری از مطالعات انجام شده،[۱و۴] علاوه بر تأثیرات قیمت و تبلیغات روی تقاضا، اثرات هیجانی بازار را نیز در نظر می‌گیریم و تأثیر نوسانات محصول را بر تقاضا و تبلیغات و در نتیجه سود طرفین وکل زنجیره بررسی می‌کنیم. در بخش دوم ضمن تعریف و مدل‌سازی مسئله با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها، محدب بودن توابع هدف در هر حالت اثبات و مقادیر بهینه برای چهار استراتژی محاسبه می‌شود. در بخش سوم مثال‌های عددی و تحلیل حساسیت، و نهایتاً در بخش چهارم جمع‌بندی نتایج به دست آمده ارائه خواهد شد.

۲. تعریف مسئله

یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی شامل یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده را در نظر بگیرید که در آن خرده‌فروش فقط محصول تولیدکننده را می‌فروشد. فرض بر این است که تأثیرات هیجانی بازار و هیاهوی مشتریان برای خرید یک محصول خاص خود منجر به ترغیب سایر افراد حاضر در بازار برای خرید یا عدم خرید این محصول می‌شود. طبیعتاً این تأثیرگذاری به‌صورت یک متغیر تصادفی احتمالی در بازار دیده می‌شود. در این زنجیره متغیرهای تصمیم‌گیری تولیدکننده عبارت‌اند از: قیمت عمده فروشی (w)، تبلیغات ملی (A) و نرخ مشارکت (t). همچنین متغیرهای تصمیم‌گیری خرده‌فروش عبارت‌اند از: قیمت خرده‌فروشی (p) و تبلیغات محلی (a). اگر تقاضای مشتری را مطابق رابطه‌ی ۱ فرض کنیم:

$$D(p,a,A) = D_{\circ}.n(x).g(p).h(a,A) \qquad (۱)$$

$D_{\circ}$ تقاضای اولیه‌ی مشتری، $g(p)$ تأثیرات قیمت خرده‌فروش، $h(a,A)$ تأثیرات هزینه‌های تبلیغات و $n(x)$ تأثیرات هیجانی بازار را نشان می‌دهد. به‌منظور مدل‌سازی مسئله، پارامترها و متغیرهای تصمیم زیر استفاده شده‌اند.

۱.۲. فهرست علائم

۱.۱.۲. متغیرهای تصمیم

p: قیمت واحد خرده‌فروش؛

w: قیمت واحد عمده‌فروش؛

A: هزینه‌ی تبلیغات ملی؛

a: هزینه‌ی تبلیغات محلی؛

t: نرخ مشارکت؛

$E[\Pi]$: سود مورد انتظار؛

x: تأثیرات هیجانی بازار.

۲.۱.۲. پارامترها

D_0: تقاضای اولیه‌ی مشتری؛

α_1: پتانسیل بالقوه تقاضای بازار؛

β_1: ضریب تأثیرپذیری تقاضا از قیمت؛

k_1: ضریب تأثیرگذاری تبلیغات محلی؛

k_2: ضریب تأثیرگذاری تبلیغات ملی؛

c: هزینه‌ی تولیدکننده برای تولید یک واحد؛

d: هزینه‌ی خرده‌فروش برای خرید یک واحد؛

ν: پارامتر شکل.

۲.۲. ساختار مدل

با توجه به مطالعات پیشین،[1] تعریف تأثیرات قیمت خرده‌فروش، تأثیرات هزینه‌ی تبلیغات و اثرات هیجانی بازار به‌ترتیب عبارت است از:

$$g(p) = (\alpha_1 - \beta_1 p)^{\frac{1}{\nu}}; \qquad \alpha, \beta > 0 \tag{2}$$

$$h(a, A) = k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}; \qquad k_1, k_2 > 0 \tag{3}$$

$$n(x) = e^x; \qquad x > 0 \tag{4}$$

با توجه به روابط ۱ تا ۴، تابع تقاضا چنین بازنویسی می‌شود:

$$D(p, a, A) = D_0 e^x (\alpha_1 - \beta_1 p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) \tag{5}$$

بنابراین توابع سود تولیدکننده، خرده‌فروش و کل زنجیره در مسئله نیز چنین مدل‌سازی می‌شود:

$$\Pi_m(w, A, t) = D_0 e^x (w - c)(\alpha_1 - \beta_1 p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) - A - ta \tag{6}$$

$$\Pi_r(p, a) = D_0 e^x (p - w - d)(\alpha_1 - \beta_1 p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) - (1 - t)a \tag{7}$$

$$\Pi_{sc}(p, a, A) = D_0 e^x (p - c - d)(\alpha_1 - \beta_1 p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) - A - a \tag{8}$$

که در آن، m، r و sc به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی تولیدکننده، خرده‌فروش و کل زنجیره است. با توجه به مطالعات انجام شده[1و21] برای ساده‌سازی محاسبات، تابع تقاضا را نرمال‌سازی و در ادامه توابع سود جدید را تحت چهار رویکرد نظریه‌ی بازی‌ها، مدل‌سازی، حل و مقایسه می‌کنیم.

برای نرمال‌سازی از روابط $\alpha'_1 = \alpha_1 - \beta_1(c+d)$، $p' = \frac{\beta_1}{\alpha'_1}(p-(c+d))$، $w' = \frac{\beta_1}{\alpha'_1}(w - c)$، $k'_1 = D_0 \frac{\alpha'^2_1}{\beta_1} k_1$ و $k'_2 = D_0 \frac{\alpha'^2_1}{\beta_1} k_2$ استفاده می‌شود و توابع سود جدید پس از تغییر عبارت خواهد بود از:

$$\Pi'_m(w', A, t) = e^x w'(1 - p')^{\frac{1}{\nu}} (k'_1\sqrt{a} + k'_2\sqrt{A}) - A - ta \tag{9}$$

$$\Pi'_r(p', a) = e^x (p' - w')(1 - p')^{\frac{1}{\nu}} (k'_1\sqrt{a} + k'_2\sqrt{A}) - (1 - t)a \tag{10}$$

$$\Pi'_{sc}(p', a, A) = e^x p'(1 - p')^{\frac{1}{\nu}} (k'_1\sqrt{a} + k'_2\sqrt{A}) - a - A \tag{11}$$

برای سادگی، علامت $(')$ از روابط حذف و با توجه به تصادفی بودن متغیر x، توابع سود چنین بازنویسی می‌شود:

$$E[\Pi_m] = \int_{-\infty}^{+\infty} \begin{bmatrix} e^x w(1 - p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) \\ -A - ta \end{bmatrix} f(x)dx \tag{12}$$

$$E[\Pi_r] = \int_{-\infty}^{+\infty} \begin{bmatrix} e^x (p - w)(1 - p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) \\ -(1 - t)a \end{bmatrix} f(x)dx \tag{13}$$

$$E[\Pi_{sc}] = \int_{-\infty}^{+\infty} \begin{bmatrix} e^x p(1 - p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) \\ -a - A \end{bmatrix} f(x)dx \tag{14}$$

۳.۲. بازی نش

در تعادل نش، تولیدکننده و خرده‌فروش قدرت تصمیم‌گیری یکسانی دارند و استراتژی‌های خود را به‌طور مستقل و همزمان انتخاب می‌کنند. از این رو مسائل تصمیم‌گیری تولیدکننده و خرده‌فروش باید به طور جداگانه حل شود. توابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش عبارت‌اند از:

$$\underset{w,A,t}{\text{Max}}\ E[\Pi_m] = E[e^x] w(1 - p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) - A - ta$$
$$\text{s.t.}\quad 0 \le w \le 1,\quad 0 \le A \text{ and } 0 \le t \le 1 \tag{15}$$

$$\underset{p,a}{\text{Max}}\ E[\Pi_r] = E[e^x](p - w)(1 - p)^{\frac{1}{\nu}} (k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) - (1 - t)a$$
$$\text{s.t.}\quad w \le p \le 1 \text{ and } 0 \le a \tag{16}$$

از آنجا که نرخ مشارکت در تابع هدف تولیدکننده ضریب منفی دارد، مقدار بهینه‌ی t از نقطه‌نظر تولیدکننده برابر با صفر است. باتوجه به این که تابع سود تولیدکننده نسبت به w صعودی است، بیشترین مقدار w برابر با ۱ است، اما چون $p \ge w = 1 \Rightarrow p = 1 \Rightarrow \Pi_r = \Pi_m = 0$، بنابراین w نمی‌تواند برابر با ۱ باشد، چرا که سود تولیدکننده و خرده‌فروش هر دو صفر می‌شود. بنابراین برای حل این مسئله، براساس مطالعات انجام‌شده[12،1و21] فرض می‌کنیم خرده‌فروش تا زمانی که کمینه سود حاشیه‌یی واحد را نداشته باشد اقدام به فروش محصول نمی‌کند. بنابراین سود حاشیه‌یی واحد تولیدکننده را به‌عنوان کم‌ترین سطح در نظر می‌گیریم و محدودیت قیمت عمده‌فروشی را به‌صورت $p - w \ge w \Rightarrow w \le \frac{p}{2}$ می‌نویسیم که در آن $p - w$ و w به‌ترتیب سود حاشیه‌یی خرده‌فروش و تولیدکننده هستند. پس مقدار بهینه‌ی w برابر با $\frac{p}{2}$ است.

قضیه‌ی ۱. متغیرهای تصمیم بهینه تحت تعادل نش عبارت‌اند از:

$$p^N = \frac{2\nu}{2\nu + 1} \tag{17}$$

$$w^N = \frac{\nu}{2\nu + 1} \tag{18}$$

$$t^N = 0 \tag{19}$$

$$A^N = \frac{1}{4} E[e^x]^2 k_2^2 \nu^2 \left(\frac{1}{2\nu + 1}\right)^{\frac{2}{\nu}+2} \tag{20}$$

$$a^N = \frac{1}{4} E[e^x]^2 k_1^2 \nu^2 \left(\frac{1}{2\nu + 1}\right)^{\frac{2}{\nu}+2} \tag{21}$$

اثبات. مشتق دوم تابع سود تولیدکننده نسبت به A منفی است، بنابراین نسبت به A یک تابع مقعر است.

$$\frac{\partial^2 E[\Pi_m]}{\partial A^2} = -\frac{1}{4}E[e^x]k_2 w(1-p)^{\frac{1}{\nu}}A^{-\frac{3}{2}} < 0 \qquad (۲۲)$$

پس مقدار بهینه‌ی A از رابطه‌ی $\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial A} = \frac{1}{2}E[e^x]k_2 w(1-p)^{\frac{1}{\nu}}A^{-\frac{1}{2}} - 1$ به دست می‌آید. مقادیر بهینه‌ی مسئله‌ی تولیدکننده عبارت خواهد بود از:

$$t^* = 0 \qquad (۲۳)$$

$$w^* = \frac{p}{2} \qquad (۲۴)$$

$$A^* = \left(\frac{1}{2}E[e^x]k_2 w(1-p)^{\frac{1}{\nu}}\right)^2 \qquad (۲۵)$$

از طرفی متغیر z را در تابع سود خرده‌فروش به‌صورت $z = (p-w)(1-p)^{\frac{1}{\nu}}$ با محدودیت $w \le p \le 1$ تعریف، و مسئله‌ی خرده‌فروش را حل می‌کنیم. مشتق جزئی z نسبت به p برابر است با:

$$\begin{aligned}\frac{\partial z}{\partial p} &= (1-p)^{\frac{1}{\nu}} - \frac{1}{\nu}(1-p)^{\frac{1}{\nu}-1}(p-w)\\ &= (1-p)^{\frac{1}{\nu}}\left(1 - \frac{1}{\nu}(1-p)^{-1}(p-w)\right)\end{aligned} \qquad (۲۶)$$

از آنجا که $(1-p)^{\frac{1}{\nu}} > 0$ مقدار $p = p_1$ و برابر با $\frac{1+w}{2}$ است. دامنه‌ی z را با توجه به $p = 1 \Rightarrow z = 0$، $p = p_1 \Rightarrow z = \nu(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1} > 0$ و $p = w \Rightarrow z = 0$ تعیین می‌کنیم. پس بیشترین مقدار z در $p = p_1$ به دست می‌آید و کم‌ترین مقدار آن برابر با صفر است. بنابراین $0 \le z \le \nu(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}$ است. تابع سود خرده‌فروش در رابطه‌ی ۱۶ را نیز چنین بازنویسی می‌کنیم:

$$\begin{aligned}&\max E[\Pi_r] = E[e^x]z(k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) - (1-t)a\\ &\text{s.t.} \quad 0 \le z \le \nu(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}, \ 0 \le a\end{aligned} \qquad (۲۷)$$

$E[\Pi_r]$ نسبت به z یک تابع صعودی است، چون مشتق جزئی آن نسبت به z برابر است با $\frac{\partial E[\Pi_r]}{\partial z} = E[e^x](k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) > 0$، که مقداری مثبت و بزرگ‌تر از صفر است. بنابراین مقدار بهینه‌ی z برابر است با $\nu(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}$. همچنین تابع سود تولیدکننده نسبت به a مقعر است، چون مشتق دوم تابع برابر است با $\frac{\partial^2 E[\Pi_r]}{\partial a^2} = -\frac{1}{4}E[e^x]zk_1a^{-\frac{3}{2}} < 0$ که مقداری منفی است، بنابراین از رابطه‌ی $\frac{\partial E[\Pi_r]}{\partial a} = \frac{1}{2}E[e^x]zk_1a^{-\frac{1}{2}} - (1-t) = 0$ می‌توانیم مقدار بهینه‌ی a را به دست آوریم. درنتیجه مقادیر بهینه‌ی حاصل از حل مسئله‌ی خرده‌فروش عبارت خواهد بود از:

$$p^* = \frac{\nu+w}{\nu+1} \qquad (۲۸)$$

$$z^* = \nu(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1} \qquad (۲۹)$$

$$a^* = (\frac{E[e^x]k_1\nu}{2(1-t)}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1})^2 \qquad (۳۰)$$

بنابراین با حل معادلات مربوط به مشتق‌های مرتبه اول به تعادل زیر خواهیم رسید:

$$\begin{aligned}p^N &= \frac{2\nu}{2\nu+1}\\ w^N &= \frac{\nu}{2\nu+1}\\ t^N &= 0\\ A^N &= \frac{E[e^x]^2}{4}k_2^2\nu^2(\frac{1}{2\nu+1})^{\frac{2}{\nu}+2}\\ a^N &= \frac{E[e^x]^2}{4}k_1^2\nu^2(\frac{1}{2\nu+1})^{\frac{2}{\nu}+2}\end{aligned}$$

۴.۲. بازی تولیدکننده ـ رهبر

در بازی‌های استکلبرگ که همکاری وجود ندارد یک رهبر و یک پیرو به‌صورت متوالی عمل می‌کنند. در این بخش رابطه‌ی بین تولیدکننده و خرده‌فروش را به‌عنوان یک بازی غیرهمکاری و متوالی در نظر می‌گیریم، طوری‌که در آن تولیدکننده رهبر و خرده‌فروش پیرو است. به‌منظور به دست آوردن این تعادل ابتدا باید بهترین پاسخ پیروکه در مرحله‌ی دوم توالی است تعیین شود و سپس تابع سود رهبر بر پایه‌ی پاسخ پیرو حل شود. بهترین پاسخ خرده‌فروش که در تعادل نش به دست آوردیم عبارت است از:

$$p^* = \frac{\nu+w}{\nu+1} \qquad (۳۱)$$

$$a^* = (\frac{E[e^x]k_1\nu}{2(1-t)}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1})^2 \qquad (۳۲)$$

با قراردادن مقادیر بهینه‌ی فوق در تابع سود تولیدکننده و مشتق‌گیری و حل معادلات مربوط، مقادیر بهینه‌ی متغیرهای تصمیم در حالتی که تولیدکننده رهبر است به دست خواهد آمد.

قضیه‌ی ۲. متغیرهای تصمیم بهینه تحت سیاست تولیدکننده ـ رهبر، خرده‌فروش ـ پیرو عبارت‌اند از:

$$p^{SM} = \frac{\nu + w^{SM}}{\nu+1} \qquad (۳۳)$$

$$a^{SM} = \left(\frac{E[e^x]k_1\nu}{2(1-t)}(\frac{1-w^{SM}}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}\right)^2 \qquad (۳۴)$$

$$t^{SM} = \frac{w^{SM}(3\nu+2) - \nu}{w^{SM}(\nu+2) + \nu} \qquad (۳۵)$$

$$A^{SM} = \left(\frac{E[e^x]w^{SM}k_2}{2}(\frac{1-w^{SM}}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}}\right)^2 \qquad (۳۶)$$

$$w^{SM} = \frac{\begin{pmatrix} 2\nu(\nu+1)k^2 \\ +\sqrt{4\nu^2(\nu+1)^2k^2(k^2+1) + \nu^2(\nu+2)^2} \end{pmatrix}}{(\nu+2)^2 + 4k^2(\nu+1)^2} \qquad (۳۷)$$

مقدار بهینه‌ی w در معادله‌ی ۳۷ را می‌توان در روابط ۳۳ تا ۳۶ قرار داد و مقادیر بهینه‌ی بازی تولیدکننده ـ رهبر را به دست آورد.

اثبات. $p^* = \frac{\nu+w}{\nu+1}$ و $a^* = (\frac{E[e^x]k_1\nu}{2(1-t)}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1})^2$ که حاصل حل مسئله‌ی

خرده‌فروش در بازی نش هستند، در تابع سود تولیدکننده جایگزین می‌کنیم:

$$\begin{aligned}\text{Max}\, E[\Pi_m] =& E[e^x]w(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}}\\ &\times\left(\left(\frac{E[e^x]k_1^2\nu}{2(1-t)}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}\right)+k_2\sqrt{A}\right)\\ &- A-\frac{E[e^x]^2k_1^2\nu^2t}{4(1-t)^2}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{2}{\nu}+2}\end{aligned}$$

$$\text{s.t.}\quad 0\le A,\ \ 0\le w\le 1,\ \ \text{and}\ 0\le t\le 1, \qquad (۳۸)$$

برای تعیین مقدار بهینه‌ی A و t باید از $E[\Pi_m]$ در رابطه‌ی ۳۸، نسبت به A و t مشتق گرفت و مساوی صفر قرار داد. بنابراین مقادیر بهینه‌ی A و t از روابط زیر به دست خواهد آمد:

$$\begin{aligned}\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial A} &= \frac{E[e^x]k_2w}{2\sqrt{A}}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}}-1=0\\ \frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial t} &= \frac{E[e^x]^2k_1^2\nu}{4(1-t)^3(\nu+1)}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{2}{\nu}+1}\\ &\times\begin{pmatrix} 2w(\nu+1)-\nu(1-w)\\ -t\left(\nu(1-w)+2w(\nu+1)\right)\end{pmatrix}=0\end{aligned}$$

و بنابراین داریم:

$$A=\left(\frac{E[e^x]k_2w}{2}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}}\right)^2 \qquad (۳۹)$$

$$t=\frac{w(3\nu+2)-\nu}{w(\nu+2)+\nu} \qquad (۴۰)$$

برای به دست آوردن قیمت عمده‌فروشی w از تابع سود تولیدکننده نسبت به w مشتق می‌گیریم.

$$\begin{aligned}\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial w} =& \frac{E[e^x]^2k_1^2}{2(\nu+1)(1-t)}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{2}{\nu}}(\nu-2w(1+\nu))\\ &+\frac{E[e^x]k_2\sqrt{A}}{\nu(\nu+1)}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}-1}(\nu-w(2\nu+1))\\ &+\frac{E[e^x]k_1^2\nu(1+\nu)t}{2(1-t)^2}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{2}{\nu}+1}\end{aligned} \qquad (۴۱)$$

با جایگذاری مقادیر بهینه‌ی به دست‌آمده‌ی t و A در رابطه‌ی ۴۱ داریم:

$$\begin{aligned}\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial w} =& \frac{k_1^2E[e^x]^2}{2(\nu+1)(1-\frac{w(3\nu+2)-\nu}{w(\nu+2)+\nu})}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{2}{\nu}}\\ &\times(\nu-2w(1+\nu))+\frac{\frac{w(k_2E[e^x])^2}{2}(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}}}{\nu(\nu+1)}\\ &\times(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}-1}(\nu-w(2\nu+1))\\ &+\frac{\frac{w(3\nu+2)-\nu}{w(\nu+2)+\nu}k_1^2\nu(1+\nu)}{2(1-\frac{w(3\nu+2)-\nu}{w(\nu+2)+\nu})^2}\times(\frac{1-w}{\nu+1})^{\frac{2}{\nu}+1}E[e^x]\end{aligned} \qquad (۴۲)$$

که با ساده‌سازی خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial w} =& \frac{k_1^2E[e^x]^2}{2\nu(\nu+1)}\left(\frac{(\nu-2w(1+\nu))(w(\nu+2)+\nu)}{(2-w)}\right)\\ &+\frac{wk_2^2E[e^x]^2}{2\nu}\left(\frac{(\nu-w(2\nu+1))}{(1-w)}\right)+\frac{k_1^2\nu E[e^x]}{2\nu^2}\\ &\times\left(\frac{(1-w)(w(\nu+2)+\nu)(w(3\nu+2)-\nu)}{(2-w)^2}\right)\end{aligned} \qquad (۴۳)$$

معادله‌ی به دست آمده از رابطه‌ی ۴۳ را به‌صورت یک معادله‌ی درجه دو برحسب w نوشته و مقدار بهینه‌ی w را به دست می‌آوریم. از آنجا که $0 < w < 1$ است و با استفاده از رابطه‌ی $k=\frac{k_2}{k_1}$ مطابق مطالعات پیشین[1] مقدار بهینه‌ی w برابر است با:

$$w^{SM}=\frac{\begin{pmatrix}2\nu(\nu+1)k^2\\ +\sqrt{4\nu^2(\nu+1)^2k^2(k^2+1)+\nu^2(\nu+2)^2}\end{pmatrix}}{(\nu+2)^2+4k^2(\nu+1)^2}$$

با جایگذاری مقدار بهینه‌ی w در روابط:

$$\begin{aligned}A&=\left(\frac{E[e^x]w^{SM}k_2}{2}(\frac{1-w^{SM}}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}}\right)^2\\ t&=\frac{w^{SM}(3\nu+2)-\nu}{w^{SM}(\nu+2)+\nu}\\ a&=\left(\frac{E[e^x]k_1\nu}{2(1-t)}(\frac{1-w^{SM}}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}\right)^2\\ p&=\frac{\nu+w^{SM}}{\nu+1}\end{aligned}$$

مقادیر بهینه به دست خواهد آمد.

۵.۲. بازی خرده‌فروش ـ رهبر

در این بخش رابطه‌ی خرده‌فروش و تولیدکننده را در یک بازی غیرهمکاری و متوالی که در آن خرده‌فروش رهبر است، مدل‌سازی می‌کنیم. بنابراین ابتدا بهترین پاسخ تولیدکننده، که در سیاست نش به دست آوردیم، عبارت است از:

$$t^*=0 \qquad (۴۴)$$

$$w^*=\frac{p}{2} \qquad (۴۵)$$

$$A^*=\left(\frac{1}{2}E[e^x]k_2w(1-p)^{\frac{1}{\nu}}\right)^2 \qquad (۴۶)$$

با قرار دادن مقادیر بهینه‌ی t، w و A از حل تعادل نش در تابع سود خرده‌فروش و مشتق‌گیری از معادلات مربوطه، مقادیر بهینه‌ی متغیرهای تصمیم در حالتی که خرده‌فروش به‌عنوان رهبر است حاصل خواهد شد.

قضیه‌ی ۳. متغیرهای تصمیم بهینه تحت سیاست خرده‌فروش ـ رهبر، و تولیدکننده ـ پیرو عبارت‌اند از:

$$p^{SR}=\frac{\nu}{\nu+1} \qquad (۴۷)$$

$$w^{SR}=\frac{1}{2}\frac{\nu}{\nu+1} \qquad (۴۸)$$

$$a^{SR}=\frac{k_1^2}{16}E[e^x]^2\nu^2(\frac{1}{\nu+1})^{\frac{2}{\nu}+2} \qquad (۴۹)$$

$$t^{SR} = 0 \tag{۵۰}$$

$$A^{SR} = \frac{k_2^2}{16}E[e^x]^2\nu^2\left(\frac{1}{\nu+1}\right)^{\frac{2}{\nu}+2} \tag{۵۱}$$

اثبات. عبارات $t=0$، $w=\frac{p}{2}$ و $A=\left(\frac{1}{2}E[e^x]k_2w(1-p)^{\frac{1}{\nu}}\right)^2$ را که از حل مسئله‌ی تولیدکننده در بازی نش به دست آمده در تابع سود خرده‌فروش جایگزین می‌کنیم:

$$\begin{aligned}\underset{p,a}{\text{Max}}\ E[\Pi_r] =& \frac{p}{2}(1-p)^{\frac{1}{\nu}}E[e^x]\\ &\times\left(k_1\sqrt{a}+\frac{1}{4}E[e^x]k_2^2p(1-p)^{\frac{1}{\nu}}\right)-a\\ \text{s.t.}\quad & 0\le p\le 1 \text{ and } 0\le a,\end{aligned} \tag{۵۲}$$

برای حل این مسئله y را به‌صورت $y=\frac{p}{2}(1-p)^{\frac{1}{\nu}}$ تعریف می‌کنیم. مشتق جزئی y نسبت به p برابر است با:

$$\frac{\partial y}{\partial p}=\frac{1}{2\nu}(1-p)^{\frac{1}{\nu}-1}(\nu-p(\nu+1))=0 \tag{۵۳}$$

از آنجا که همواره $\frac{1}{2\nu}(1-p)^{\frac{1}{\nu}-1}>0$ است، پس رابطه‌ی $\nu-p(\nu+1)=0$ برقرار است. بنابراین مقدار $p=p_1$ برابر با $\frac{\nu}{\nu+1}$ به دست خواهد آمد. دامنه‌ی y را با توجه به $p=0\Rightarrow y=0$، $p=p_1\Rightarrow y=\frac{\nu}{2}(\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}>0$ و $p=1\Rightarrow y=0$ تعیین می‌کنیم. پس بیشترین مقدار y در $p=p_1$ به دست می‌آید و کم‌ترین مقدار آن برابر با صفر است و لذا $0\le y\le\frac{\nu}{2}(\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}$ است. درنتیجه مسئله‌ی خرده‌فروش در رابطه‌ی ۵۲ چنین بازنویسی می‌شود:

$$\begin{aligned}&\text{Max}\ E[\Pi_r]=yE[e^x]\left(k_1\sqrt{a}+\frac{1}{2}E[e^x]k_2^2y\right)-a\\ &\text{s.t.}\quad 0\le y\le\frac{\nu}{2}\left(\frac{1}{\nu+1}\right)^{\frac{1}{\nu}+1}\text{ and } 0\le a,\end{aligned} \tag{۵۴}$$

$E[\Pi_r]$ یک تابع صعودی از y است، و بنابراین مقدار بهینه‌ی y در $\frac{\nu}{2}(\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}$ است.

$$y^*=y_{\max}=\frac{\nu}{2}\left(\frac{1}{\nu+1}\right)^{\frac{1}{\nu}+1} \tag{۵۵}$$

برای به دست آوردن مقدار a، ابتدا مشتق جزئی دوم تابع سود خرده‌فروش را نسبت به a به دست می‌آوریم:

$$\frac{\partial^2E[\Pi_r]}{\partial a^2}=-\frac{1}{4}E[e^x]k_1ya^{-\frac{3}{2}}<0 \tag{۵۶}$$

چون مشتق اول منفی است، پس مقدار بهینه‌ی a از مشتق اول به دست خواهد آمد:

$$\frac{\partial E[\Pi_r]}{\partial a}=\frac{1}{2}E[e^x]yk_1a^{-\frac{1}{2}}-1=0\quad\Rightarrow a=\left(\frac{1}{2}E[e^x]yk_1\right)^2 \tag{۵۷}$$

با توجه به رابطه‌های ۵۵ و ۵۷ خواهیم داشت:

$$a^{SR}=\frac{k_1^2}{16}\nu^2E[e^x]^2\left(\frac{1}{\nu+1}\right)^{\frac{2}{\nu}+2}$$

همچنین روابط:

$$\begin{aligned}p^{SR}&=\frac{\nu}{\nu+1}\\ w^{SR}&=\frac{1}{2}\frac{\nu}{\nu+1}\\ A^{SR}&=\frac{k_2^2}{16}E[e^x]^2\nu^2\left(\frac{1}{\nu+1}\right)^{\frac{2}{\nu}+2}\\ t^{SR}&=0\end{aligned}$$

از حل تعادل استکلبرگ (خرده‌فروش ـ رهبر) به دست خواهد آمد.

۶.۲. بازی همکاری

در سه قسمت قبل بازی‌های غیرهمکاری را مورد بررسی قرار دادیم. در این بخش رابطه‌ی تولیدکننده و خرده‌فروش را به‌عنوان یک بازی همکاری بررسی می‌کنیم که در آن اعضای زنجیره توافق بر همکاری و افزایش سود کل سیستم دارند. بنابراین تابع سود کل زنجیره را در نظر می‌گیریم و مقادیر بهینه‌ی آن را به دست می‌آوریم. در این صورت تابع هدف عبارت خواهد بود از:

$$\begin{aligned}&\underset{p,a,A}{\text{Max}}\ E\left[\Pi_{sc}\right]=p(1-p)^{\frac{1}{\nu}}(k_1\sqrt{a}+k_2\sqrt{A})E[e^x]-a-A\\ &\text{s.t.}\quad 0\le p\le 1\text{ and } 0\le a,A\end{aligned} \tag{۵۸}$$

چنان که از تابع سود بالا مشخص است، زمانی که تولیدکننده و خرده‌فروش همکاری می‌کنند فقط p، A و a متغیرهای تصمیم‌گیری هستند، و متغیرهای w و t بر سود کل سیستم تأثیری نمی‌گذارند و تنها در تقسیم سود بین اعضا تأثیرگذارند.

قضیه‌ی ۴. متغیرهای تصمیم بهینه تحت سیاست همکاری عبارت‌اند از:

$$p^{co}=\frac{\nu}{\nu+1} \tag{۵۹}$$

$$A^{co}=\left(\frac{1}{2}k_2\nu E[e^x]\left(\frac{1}{\nu+1}\right)^{\frac{1}{\nu}+1}\right)^2 \tag{۶۰}$$

$$a^{co}=\left(\frac{1}{2}k_1\nu E[e^x]\left(\frac{1}{\nu+1}\right)^{\frac{1}{\nu}+1}\right)^2 \tag{۶۱}$$

اثبات. برای حل این مسئله z را مطابق رابطه‌ی ۶۲، و دامنه‌ی آن را با توجه به مشتق اول و مقادیر حدی تعیین می‌کنیم:

$$\begin{aligned}&z=p(1-p)^{\frac{1}{\nu}}\\ &\text{s.t.}\quad 0\le p\le 1\end{aligned} \tag{۶۲}$$

مشتق اول رابطه‌ی ۶۲ نسبت به p عبارت خواهد بود از:

$$\frac{\partial z}{\partial p}=\frac{1}{\nu}(1-p)^{\frac{1}{\nu}-1}(\nu-p(\nu+1))=0 \tag{۶۳}$$

از آنجا که همواره $\frac{1}{\nu}(1-p)^{\frac{1}{\nu}-1}>0$ است، پس رابطه‌ی $\nu-p(\nu+1)=0$ برقرار است. بنابراین مقدار $p=p_1$ برابر با $\frac{\nu}{\nu+1}$ است. دامنه‌ی z را با توجه به $p=0\Rightarrow z=0$، $p=p_1\Rightarrow z=\nu(\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}>0$ و $p=1\Rightarrow z=0$ تعیین می‌کنیم. پس بیشترین مقدار z در $p=p_1$ به دست می‌آید و کم‌ترین مقدار آن برابر با صفر است؛ و لذا $0\le z\le\nu(\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}$. در نتیجه سود کل سیستم

در رابطه‌ی ۵۸ را به‌صورت رابطه‌ی ۶۴ بازنویسی می‌کنیم:

$$\begin{aligned} &\text{Max}\, E[\Pi_{sc}] = z(k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A})E[e^x] - a - A \\ &\text{s.t.} \quad 0 \le z \le \nu(\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}, \quad 0 \le a, A \end{aligned} \qquad (64)$$

$E[\Pi_{sc}]$ نسبت به z یک تابع صعودی است، چون مشتق جزئی $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به z یک مقدار مثبت است:

$$(\frac{\partial E[\Pi_{sc}]}{\partial z} = E[e^x](k_1\sqrt{a} + k_2\sqrt{A}) > 0)$$

بنابراین مقدار بهینه‌ی z برابر است با:

$$z^* = z_{\max} = \nu(\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1} \qquad (65)$$

برای به دست آوردن مقادیر a و A بتدا ماتریس هشین آن را به دست می‌آوریم.

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \Pi_{sc}}{\partial a^2} & \frac{\partial^2 \Pi_{sc}}{\partial a \partial A} \\ \frac{\partial^2 \Pi_{sc}}{\partial a \partial A} & \frac{\partial^2 \Pi_{sc}}{\partial A^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-k_1 z}{4a\sqrt{a}} & 0 \\ 0 & \frac{-k_1 z}{4A\sqrt{A}} \end{bmatrix} \qquad (66)$$

چون ماتریس هشین در رابطه‌ی ۶۶ معین منفی است، بنابراین نقاط به دست آمده‌ی a و A از مشتق اول، بیشترین مقدار را دارند و مقادیر بهینه‌ی a و A از مشتق اول به دست خواهند آمد.

$$a = \left(\frac{1}{2}E[e^x]k_1 z\right)^2 \qquad (67)$$

$$A = \left(\frac{1}{2}E[e^x]k_2 z\right)^2 \qquad (68)$$

با توجه به معادلات به دست‌آمده، مقدار بهینه‌ی p در بازی همکاری به‌صورت $p^{co} = \frac{\nu}{\nu+1}$ است. براساس روابط ۶۵ و ۶۸ خواهیم داشت:

$$A^{co} = \left(\frac{1}{2}k_2\nu E[e^x](\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}\right)^2$$

و در نتیجه:

$$a^{co} = \left(\frac{1}{2}k_1\nu E[e^x](\frac{1}{\nu+1})^{\frac{1}{\nu}+1}\right)^2$$

سود کل زنجیره‌ی تأمین می‌تواند مهم‌ترین معیار در اندازه‌گیری کارایی باشد. بنابراین زمانی که سود بازیکنان در بازی همکاری بیشتر از سود آنها در بازی‌های غیرهمکاری باشد، دو بازیکن توافق به همکاری می‌کنند. با توجه به مطالعات پیشین داریم:[۲۱،۲،۱]

$$\Delta E[\Pi_m] = E[\Pi_m^c] - E[\Pi_m^{\max}] \ge 0 \qquad (69)$$

$$\Delta E[\Pi_r] = E[\Pi_r^c] - E[\Pi_r^{\max}] \ge 0 \qquad (70)$$

$E[\Pi_m^c]$ و $E[\Pi_r^c]$ نشان‌گر سود تولیدکننده و خرده‌فروش در بازی همکاری هستند. $E[\Pi_m^{\max}]$ و $E[\Pi_r^{\max}]$ به‌ترتیب معرف بیشترین سود تولیدکننده و خرده‌فروش در بازی‌های غیرهمکاری هستند. زمانی که این نابرابری برقرار باشد، همکاری امکان‌پذیر است. بنابراین از روابط ۶۹ و ۷۰ برای سود کل زنجیره داریم:

$$\begin{aligned} \Delta E[\Pi_{m+r}] &= \Delta E[\Pi_m] + \Delta E[\Pi_r] \\ &= E[\Pi_{m+r}^c] - E[\Pi_m^{\max}] - E[\Pi_r^{\max}] \ge 0 \end{aligned} \qquad (71)$$

برای پیدا کردن $E[\Pi_m^{\max}]$ و $E[\Pi_r^{\max}]$، لازم است نتایج بازی‌های دیگر را در بخش‌های ۳.۲.، ۴.۲. و ۵.۲. باهم مقایسه کنیم.

۳. مثال عددی

دربخش قبل مقادیر بهینه‌ی چهار بازی نش، استکلبرگ ـ تولیدکننده رهبر، استکلبرگ ـ خرده‌فروش رهبر و همکاری را به دست آوردیم. در این قسمت به یک مثال عددی می‌پردازیم. پارامترهای مدل را $\nu = 2$، $k_1 = 2$ و $k_2 = 3$ فرض می‌کنیم. از طرفی فرض کرده‌ایم متغیر تصادفی x دارای توزیع نرمال با پارامترهای $\mu = 0.5$ و $\sigma = 1$ باشد، در نتیجه $E[e^x] = \exp(\mu + \frac{\sigma}{2}) = e = 2.7183$ است. در جدول ۱ مقادیر بهینه‌ی متغیرهای تصمیم در هر چهار حالت ارائه شده است.

چنان که در قسمت قبل گفته شد، دو بازیکن زمانی بر همکاری توافق دارند که سود آنها بیشتر از سود بازی‌های غیرهمکاری باشد (روابط ۶۹ و ۷۰)؛ همچنین دو بازیکن زمانی به بیشترین سود می‌رسند که در نقش رهبر باشند. پس با توجه به فرض صورت‌گرفته، هر دو بازیکن در فرایند چانه‌زنی کمینه سودهای $E[\Pi_m] = 1.3314$ و $E[\Pi_r] = 1.5052$ را ادعا می‌کنند. اکنون داریم:

$$E[\Pi_m^{SM}] + E[\Pi_r^{SR}] = 2.8366 < E[\Pi_{m+r}^c] = 3.5577$$

و مشاهده می‌شود که در اینجا مجموع کمینه سودهایی که هر دو طرف ادعا می‌کنند کوچک‌تر از سود کل همکاری است که بین دو بازیکن تقسیم می‌شود. بنابراین همکاری بین دو بازیکن وجود خواهد داشت و عدم همکاری به نفع هیچ‌یک از بازیکنان نخواهد بود.

۱.۳. تحلیل حساسیت

به منظور بررسی تغییرات و تأثیرشان بر متغیرهای تصمیم، تحلیل حساسیت ارائه می‌شود. در جدول ۲ تحلیل حساسیت مربوط به بازی نش، در جدول ۳ تحلیل حساسیت مربوط به بازی استکلبرگ (تولیدکننده ـ رهبر)، در جدول ۴ تحلیل حساسیت مربوط به بازی استکلبرگ (خرده‌فروش ـ رهبر)، و در جدول ۵ تحلیل حساسیت مربوط به بازی همکاری نشان داده شده است. همچنین تحلیل حساسیت مربوط به پارامترهای مربوط به اثرات هیجانی بازار و تأثیرشان بر متغیرها در تمامی سیاست‌ها در جدول ۶ ارائه شده است. مطابق جدول ۲، در بازی نش، p، w، A و t نسبت به پارامتر k_1 حساس نیستند، اما $E[\Pi_r]$ حساس و a، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ خیلی حساس‌اند.

با افزایش k_1 متغیرها افزایش می‌یابند. p، w، a و t نسبت به پارامتر k_2 حساس نیستند، اما A، $E[\Pi_r]$، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به تغییرات k_2 خیلی حساس‌اند و با افزایش k_2 افزایش می‌یابند. p و w نسبت به ν حساس و a، A، $E[\Pi_r]$،

جدول ۱. نتایج مثال عددی.

	نش	استکلبرگ ۱	استکلبرگ ۲	همکاری
p	۰٫۸۰۰۰	۰٫۸۷۴۳	۰٫۶۶۶۷	۰٫۶۶۶۷
w	۰٫۴۰۰۰	۰٫۶۲۲۹	۰٫۳۳۳۳	-
A	۰٫۵۳۲۰	۰٫۸۱۰۹	۰٫۶۱۵۸	۲٫۴۶۳۱
a	۰٫۲۳۶۵	۰٫۵۲۰۵	۰٫۲۷۳۷	۱٫۰۹۴۷
t	۰	۰٫۶۶۴۲	۰	-
Π_m	۱٫۰۰۴۹	۱٫۳۳۱۴	۱٫۱۶۳۱	-
Π_r	۱٫۳۰۰۵	۰٫۸۲۹۳	۱٫۵۰۵۲	-
Π_{sc}	۲٫۳۰۵۴	۲٫۱۶۰۷	۲٫۶۶۸۳	۳٫۵۵۷۷

جدول ۲. نتایج تحلیل حساسیت در بازی نش.

	تغییرات (٪)	p	w	A	a	t	$E[\Pi_m]$	$E[\Pi_r]$	$E[\Pi_{sc}]$
$k_1 = ۲$	+۷۵	۰	۰	۰	۲۰۶/۲	۰	۹۷/۱	۳۷/۵	۶۳/۵
	+۵۰	۰	۰	۰	۱۲۴/۹	۰	۵۸/۸	۲۲/۷	۳۸/۵
	+۲۵	۰	۰	۰	۵۶/۲	۰	۲۶/۵	۱۰/۲	۱۷/۳
	-۲۵	۰	۰	۰	-۴۳/۸	۰	-۲۰/۶	-۸/۰	-۱۳/۵
	-۵۰	۰	۰	۰	-۷۵/۰	۰	-۳۵/۳	-۱۳/۶	-۲۳/۱
	-۷۵	۰	۰	۰	-۹۳/۷	۰	-۴۴/۱	-۱۷/۰	-۲۸/۸
$k_2 = ۳$	+۷۵	۰	۰	۲۰۶/۳	۰	۰	۱۰۹/۲	۱۶۸/۸	۱۴۲/۸
	+۵۰	۰	۰	۱۲۵/۰	۰	۰	۶۶/۲	۱۰۲/۳	۸۶/۵
	+۲۵	۰	۰	۵۶/۳	۰	۰	۲۹/۸	۴۶/۰	۳۸/۹
	-۲۵	۰	۰	-۴۳/۷	۰	۰	-۲۳/۲	-۳۵/۸	-۳۰/۳
	-۵۰	۰	۰	-۷۵/۰	۰	۰	-۳۹/۷	-۶۱/۴	-۵۱/۹
	-۷۵	۰	۰	-۹۳/۷	۰	۰	-۴۹/۶	-۷۶/۷	-۶۴/۹
$\nu = ۲$	+۷۵	۹/۴	۹/۴	۸۲/۳	۸۲/۲	۰	۸۲/۳	۸۲/۳	۸۲/۳
	+۵۰	۷/۱	۷/۲	۵۶/۹	۵۶/۸	۰	۵۶/۹	۵۶/۹	۵۶/۹
	+۲۵	۴/۲	۴/۲	۲۹/۴	۲۹/۴	۰	۲۹/۴	۲۹/۴	۲۹/۴
	-۲۵۰	-۶/۳	-۶/۳	-۳۰/۸	-۳۰/۸	۰	-۳۰/۸	-۳۰/۸	-۳۰/۸
	-۵۰	-۱۶/۷	-۱۶/۷	-۶۱/۴	-۶۱/۴	۰	-۶۱/۴	-۶۱/۴	-۶۱/۴
	-۷۵	-۳۷/۵	-۳۷/۵	-۸۷/۸	-۸۷/۸	۰	-۸۷/۷	-۸۷/۸	-۸۷/۸

جدول ۳. نتایج تحلیل حساسیت در بازی استکلبرگ ـ تولیدکننده رهبر.

	تغییرات (٪)	p	w	A	a	t	$E[\Pi_m]$	$E[\Pi_r]$	$E[\Pi_{sc}]$
$k_1 = ۲$	+۷۵	-۱/۷	-۷/۲	-۳/۶	۲۱۵/۸	-۸/۳	۸۲/۲	۶۹/۱	۷۷/۲
	+۵۰	-۱/۲	-۵/۰	-۲/۳	۱۳۰/۳	-۵/۸	۴۹/۵	۴۲/۰	۴۶/۶
	+۲۵	-۰/۶	-۲/۶	-۱/۱	۵۸/۳	-۳/۰	۲۲/۱	۱۹/۰	۲۰/۹
	-۲۵	۰/۶	۲/۶	۰/۷	-۴۴/۶	۲/۹	-۱۷/۰	-۱۴/۸	-۱۶/۲
	-۵۰	۱/۲	۴/۹	۱/۱	-۷۵/۸	۵/۳	-۲۸/۹	-۲۵/۵	-۲۷/۶
	-۷۵	۱/۵	۶/۵	۱/۲	-۹۴/۰	۷/۰	-۳۶/۰	-۳۱/۹	-۳۴/۴
$k_2 = ۳$	+۷۵	۱/۰	۴/۳	۲۰۹/۵	-۲/۶	۴/۷	۱۲۶/۶	۱۳۶/۳	۱۳۰/۳
	+۵۰	۰/۸	۳/۴	۱۲۷/۰	-۲/۰	۳/۷	۷۶/۶	۸۲/۶	۷۸/۹
	+۲۵	۰/۵	۲/۱	۵۷/۲	-۱/۲	۲/۳	۳۴/۴	۳۷/۲	۳۵/۵
	-۲۵	-۰/۸	-۳/۵	-۴۴/۶	۱/۷	-۳/۹	-۲۶/۵	-۲۹/۰	-۲۷/۵
	-۵۰	-۲/۱	-۹/۰	-۷۶/۲	۳/۷	-۱۰/۵	-۴۵/۰	-۴۹/۹	-۴۶/۹
	-۷۵	-۳/۸	-۱۶/۰	-۹۴/۴	۵/۰	-۱۹/۶	-۵۵/۶	-۶۲/۷	-۵۸/۳
$\nu = ۲$	+۷۵	۷/۹	۱۹/۵	۱۲۰/۶	۹۶/۳	۱۵/۱	۱۱۱/۱	۴۴/۲	۸۵/۴
	+۵۰	۶/۲	۱۴/۶	۸۰/۰	۶۵/۰	۱۱/۲	۷۴/۱	۳۳/۰	۵۸/۴
	+۲۵	۳/۷	۸/۳	۳۹/۵	۳۲/۸	۶/۳	۳۶/۹	۱۸/۶	۲۹/۸
	-۲۵	-۶/۱	-۱۱/۴	-۳۶/۹	-۳۲/۴	-۸/۴	-۳۵/۱	-۲۳/۳	-۳۰/۶
	-۵۰	-۱۷/۱	-۲۷/۹	-۶۸/۶	-۶۲/۹	-۲۰/۰	-۶۶/۴	-۵۱/۵	-۶۰/۷
	-۷۵	-۴۰/۰	-۵۳/۸	-۹۱/۴	-۸۸/۱	-۳۷/۵	-۹۰/۱	-۸۱/۷	-۸۶/۹

جدول ۴. نتایج تحلیل حساسیت در بازی استکلبرگ (خرده‌فروش ـ رهبر).

	تغییرات (٪)	p	w	A	a	t	$E[\Pi_m]$	$E[\Pi_r]$	$E[\Pi_{sc}]$
$k_1 = 2$	+۷۵	۰	۰	۰	۲۰۶/۲	۰	۹۷/۱	۳۷/۵	۶۳/۵
	+۵۰	۰	۰	۰	۱۲۵/۰	۰	۵۸/۸	۲۲/۷	۳۸/۵
	+۲۵	۰	۰	۰	۵۶/۲	۰	۲۶/۵	۱۰/۲	۱۷/۳
	-۲۵	۰	۰	۰	-۴۳/۸	۰	-۲۰/۶	-۸/۰	-۱۳/۵
	-۵۰	۰	۰	۰	-۷۵/۰	۰	-۳۵/۳	-۱۳/۶	-۲۳/۱
	-۷۵	۰	۰	۰	-۹۳/۸	۰	-۴۴/۱	-۱۷/۰	-۲۸/۸
$k_2 = 3$	+۷۵	۰	۰	۲۰۶/۲	۰	۰	۱۰۹/۲	۱۶۸/۸	۱۴۲/۸
	+۵۰	۰	۰	۱۲۵/۰	۰	۰	۶۶/۲	۱۰۲/۳	۸۶/۵
	+۲۵	۰	۰	۵۶/۲	۰	۰	۲۹/۸	۴۶/۰	۳۸/۹
	-۲۵	۰	۰	-۴۳/۷	۰	۰	-۲۳/۲	-۳۵/۸	-۳۰/۳
	-۵۰	۰	۰	-۷۵/۰	۰	۰	-۳۹/۷	-۶۱/۴	-۵۱/۹
	-۷۵	۰	۰	-۹۳/۷	۰	۰	-۴۹/۶	-۷۶/۷	-۶۴/۹
$\nu = 2$	+۷۵	۱۶/۷	۱۶/۷	۷۲/۹	۷۲/۹	۰	۷۲/۹	۷۲/۹	۷۲/۹
	+۵۰	۱۲/۵	۱۲/۵	۵۰/۷	۵۰/۷	۰	۵۰/۷	۵۰/۷	۵۰/۷
	+۲۵	۷/۱	۷/۱	۲۶/۴	۲۶/۴	۰	۲۶/۴	۲۶/۴	۲۶/۴
	-۲۵۰	-۱۰/۰	-۱۰/۰	-۲۸/۴	-۲۸/۴	۰	-۲۸/۴	-۲۸/۴	-۲۸/۴
	-۵۰	-۲۵/۰	-۲۵/۰	-۵۷/۸	-۵۷/۸	۰	-۵۷/۸	-۵۷/۸	-۵۷/۸
	-۷۵	-۵۰/۰	-۵۰/۰	-۸۵/۲	-۸۵/۲	۰	-۸۵/۲	-۸۵/۲	-۸۵/۲

جدول ۵. نتایج تحلیل حساسیت در بازی همکاری.

	تغییرات (٪)	p	A	a	$E[\Pi_{sc}]$
$k_1 = 2$	+۷۵	۰	۰	۲۰۶/۲	۶۳/۵
	+۵۰	۰	۰	۱۲۵/۰	۳۸/۵
	+۲۵	۰	۰	۵۶/۲	۱۷/۳
	-۲۵	۰	۰	-۴۳/۷	-۱۳/۵
	-۵۰	۰	۰	-۷۵/۰	-۲۳/۱
	-۷۵	۰	۰	-۹۳/۸	-۲۸/۸
$k_2 = 3$	+۷۵	۰	۲۰۶/۲	۰	۱۴۲/۸
	+۵۰	۰	۱۲۵/۰	۰	۸۶/۵
	+۲۵	۰	۵۶/۲	۰	۳۸/۹
	-۲۵	۰	-۴۳/۸	۰	-۳۰/۳
	-۵۰	۰	-۷۵/۰	۰	-۵۱/۹
	-۷۵	۰	-۹۳/۸	۰	-۶۴/۹
$\nu = 2$	+۷۵	۱۶/۷	۷۲/۹	۷۲/۹	۷۲/۹
	+۵۰	۱۲/۵	۵۰/۷	۵۰/۷	۵۰/۷
	+۲۵	۷/۱	۲۶/۴	۲۶/۴	۲۶/۴
	-۲۵	-۱۰/۰	-۲۸/۴	-۲۸/۴	-۲۸/۴
	-۵۰	-۲۵/۰	-۵۷/۸	-۵۷/۸	-۵۷/۸
	-۷۵	-۵۰/۰	-۸۵/۲	-۸۵/۲	-۸۵/۲

$E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به ν خیلی حساس‌اند. همه‌ی متغیرها با افزایش ν افزایش می‌یابند. p، w و t نسبت به پارامترهای μ و σ حساس نیستند، اما a، A، $E[\Pi_r]$، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ خیلی حساس‌اند و با افزایش μ و σ افزایش می‌یابند.

مطابق جدول ۳، در بازی استکلبرگ (تولیدکننده ـ رهبر) p، w، A و t نسبت به پارامتر k_1 حساسیت کمی دارند و با افزایش k_1 کاهش می‌یابند. اما a، $E[\Pi_m]$، $E[\Pi_r]$ و $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به تغییرات k_1 خیلی حساس‌اند و با افزایش k_1 افزایش می‌یابند. p و a نسبت به پارامتر k_2 حساسیت کمی دارند، w و t نسبتاً حساس‌اند و A، $E[\Pi_r]$، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به تغییرات k_2 خیلی حساس‌اند. همه‌ی متغیرها به‌جز a، با افزایش k_2 افزایش می‌یابند. p، w و t نسبت به پارامتر ν حساس‌اند. a، A، $E[\Pi_r]$، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به ν خیلی حساس‌اند. همه‌ی متغیرها با افزایش ν افزایش می‌یابند. p، w و t نسبت به پارامترهای μ و σ حساس نیستند، اما a، A، $E[\Pi_r]$، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ خیلی حساس‌اند و با افزایش μ و σ افزایش می‌یابند.

مطابق جدول ۴، در بازی استکلبرگ (خرده‌فروش ـ رهبر)، t نسبت به هیچ‌کدام از پارامترها حساس نیست. p، w و A نسبت به k_1 حساس نیستند، اما a، $E[\Pi_m]$، $E[\Pi_r]$ و $E[\Pi_{sc}]$ خیلی حساس‌اند و با افزایش k_1، افزایش می‌یابند و برعکس. p، w، a و t نسبت به k_2 حساس نیستند، اما A، $E[\Pi_m]$، $E[\Pi_r]$ و $E[\Pi_{sc}]$ خیلی حساس‌اند و با افزایش k_2 افزایش می‌یابند. p و w نسبت به ν حساس‌اند، A، a، $E[\Pi_r]$، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به تغییرات ν خیلی حساس‌اند؛ همه‌ی متغیرها با افزایش ν افزایش می‌یابند. p و w نسبت به a، A، $E[\Pi_r]$، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ خیلی حساس‌اند و با افزایش آنها افزایش می‌یابند.

جدول ۶. نتایج تحلیل حساسیت پارامترهای متغیر تصادفی اثرات هیجانی بازار در همه سیاست‌ها.

	تغییرات (٪)	p	w	A	a	t	$E[\Pi_m]$	$E[\Pi_r]$	$E[\Pi_{sc}]$
$\mu = ۰/۵$	+۷۵	۰	۰	۱۱۱/۷	۱۱۱/۷	۰	۱۱۱/۷	۱۱۱/۷	۱۱۱/۷
	+۵۰	۰	۰	۶۴/۹	۶۴/۹	۰	۶۴/۹	۶۴/۹	۶۴/۹
	+۲۵	۰	۰	۲۸/۴	۲۸/۴	۰	۲۸/۴	۲۸/۴	۲۸/۴
	-۲۵	۰	۰	-۲۲/۱	-۲۲/۱	۰	-۲۲/۱	-۲۲/۱	-۲۲/۱
	-۵۰	۰	۰	-۳۹/۳	-۳۹/۳	۰	-۳۹/۳	-۳۹/۴	-۳۹/۳
	-۷۵	۰	۰	-۵۲/۸	-۵۲/۸	۰	-۵۲/۸	-۵۲/۸	-۵۲/۸
$\sigma = ۱$	+۷۵	۰	۰	۱۱۱/۷	۱۱۱/۷	۰	۱۱۱/۷	۱۱۱/۷	۱۱۱/۷
	+۵۰	۰	۰	۶۴/۹	۶۴/۹	۰	۶۴/۹	۶۴/۹	۶۴/۹
	+۲۵	۰	۰	۲۸/۴	۲۸/۴	۰	۲۸/۴	۲۸/۴	۲۸/۴
	-۲۵	۰	۰	-۲۲/۱	-۲۲/۱	۰	-۲۲/۱	-۲۲/۱	-۲۲/۱
	-۵۰	۰	۰	-۳۹/۳	-۳۹/۳	۰	-۳۹/۳	-۳۹/۴	-۳۹/۳
	-۷۵	۰	۰	-۵۲/۸	-۵۲/۸	۰	-۵۲/۸	-۵۲/۸	-۵۲/۸

مطابق جدول ۵ در بازی همکاری فقط متغیرهای p، A، a و $E[\Pi_{sc}]$ را داریم. متغیرهای p و A نسبت به پارامتر $k_۱$ حساس نیستند، اما $E[\Pi_{sc}]$ حساس و a خیلی حساس است و با افزایش $k_۱$ افزایش می‌یابند. متغیرهای p و a نسبت به پارامتر $k_۲$ حساس نیستند، اما A و $E[\Pi_{sc}]$ خیلی حساس‌اند و با افزایش $k_۲$ افزایش می‌یابند. p نسبت به پارامتر ν حساس است در حالی که A، a و $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به تغییرات ν خیلی حساس‌اند و با افزایش $k_۲$ افزایش می‌یابند.

با توجه به جدول ۶ نیز a، A، $E[\Pi_r]$، $E[\Pi_m]$ و $E[\Pi_{sc}]$ نسبت به پارامترهای میانگین و واریانس متغیر تصادفی x خیلی حساس‌اند و علت تغییرات برابر دو پارامتر میانگین و واریانس در متغیرهای تصمیم ضرب شدن آنها در تمامی متغیرهای تصمیم مسئله است که مستقیماً در تابع هدف ظاهر می‌شوند.

۴. نتیجه‌گیری

در این تحقیق تبلیغات مشارکتی را همراه با تصمیمات قیمت‌گذاری در یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش با در نظر گرفتن اثرات هیجانی بازار بررسی کردیم. تقاضا در این مدل تابعی از قیمت، تبلیغات و نوسانات محصول است. چهار نظریه‌ی بازی، به‌منظور مطالعه‌ی اثر توازن قدرت زنجیره‌ی تأمین بر تصمیم‌گیری بهینه‌ی اعضای زنجیره با در نظر گرفتن اثرات هیجانی بازار توسعه داده شد، که سه بازی غیرهمکاری شامل بازی‌های نش، تولیدکننده ـ رهبر و خرده‌فروش ـ رهبر و یک بازی همکاری در نظر گرفته شد. مقادیر بهینه با اثبات محدب بودن توابع هدف در هر حالت به دست آمد.

در ادامه یک مثال عددی ارائه شد و نتایج بازی‌های همکاری و غیرهمکاری در ساختارهای مختلف رقابتی با درنظر گرفتن تأثیرات هیجانی مشتریان با یکدیگر مقایسه کردیم. مشاهده شد که «همکاری» راه مقرون به صرفه در تبلیغات است. از آنجا که مجموع کمینه سودهایی که هر دو طرف در بازی‌های غیرهمکاری ادعا می‌کنند کوچک‌تر از سود کل سیستم در بازی همکاری است، همکاری بین دو بازیکن وجود خواهد داشت.

از سوی دیگر در همه ساختارهای مختلف رقابتی مشاهده شد که نوسانات محصول و استقبال از محصول در بازار هر چند که افزایش هزینه‌های تبلیغات، برای خرده‌فروش و تولیدکننده را به همراه خواهد داشت، اما موجب افزایش سود اعضای زنجیره و درنتیجه کل سیستم خواهد شد که این همان هدف نهایی ما در سیاست‌های قیمت‌گذاری و تبلیغات است. درواقع متحمل شدن این هزینه‌ها در شرایطی که این اثرات هیجانی در بازار وجود دارد ما را به اهدافمان که همان افزایش سود است نزدیک‌تر می‌کند.

تبلیغات، موجب استقبال مشتریان از محصول و ایجاد نوسانات در بازار می‌شود و به‌صورت متقابل اثرات هیجانی ناشی از استقبال مشتریان بر روی هزینه‌های تبلیغات مؤثر است. در ادامه نیز حساسیت متغیرهای تصمیم نسبت به تغییرات پارامترها بررسی شد.

پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی استراتژی‌های همکاری و غیرهمکاری با توابع مختلف تقاضا و در سطوح مختلف زنجیره‌ی تأمین توسعه داده شود، یا مدل در شرایط چندمحصولی بررسی شود. همچنین می‌توان علاوه بر قیمت‌گذاری، تبلیغات و اثرات هیجانی، دیگر عوامل تأثیرگذار بر تقاضای محصول را نیز در نظر گرفت. همچنین برای مطالعه‌ی بیشتر اثرات هیجانی بازار بر تابع تقاضا و سود، توابع توزیع مختلف دیگری را می‌توان برای این متغیر تصادفی در نظر گرفت.

پانوشت‌ها

1. differential game
2. noise effect

منابع (References)

1. SeyedEsfahani, M.M., Biazaran, M. and Gharakhani, M. "A game theoretic approach to coordinate pricing and

vertical co-op advertising in manufacturer–retailer supply chains", *European Journal of Operational Research,* **211**(2), pp. 263-273 (2011).

2. Aust, G. and Buscher, U. "Vertical cooperative advertising and pricing decisions in a manufacturer–retailer supply chain: A game-theoretic approach", *European Journal of Operational Research,* **223**(2), pp. 473-482 (2012).
3. Somers, T.M., Gupta, Y.P. and Herriott, S.R. "Analysis of cooperative advertising expenditures: A transfer-function modeling approach", *Journal of Advertising Research,* **30**(5), pp. 35-49 (1990).
4. Chen, H., Chen, Y.F., Chiu, C.H., Choi, T.M. and Sethi, S. "Coordination mechanism for the supply chain with lead-time consideration and price-dependent demand", *European Journal of Operational Research,* **203**(1), pp. 70-80 (2010).
5. Bergen, M. and John, G. "Understanding cooperative advertising participation rates in conventional channels", *Journal of Marketing Research,* **34**(3), pp. 357-369 (1997).
6. Kim, S.Y. and Staelin, R. "Manufacturer allowances and retailer pass-through rates in a competitive environment", *Marketing Science,* **18**(1), pp. 59-76 (1999).
7. Karray, S. and Zaccour, G. "Effectiveness of coop advertising programs in competitive distribution channels", *International Game Theory Review,* **9**(02), pp. 151-167 (2007).
8. Choi, S.C. "Price competition in a channel structure with a common retailer", *Marketing Science,* **10**(4), pp. 271-296 (1991).
9. Yue, J., Austin, J., Wang, M.C. and Huang, Z. "Coordination of cooperative advertising in a two-level supply chain when manufacturer offers discount", *European Journal of Operational Research,* **168**(1), pp. 65-85 (2006).
10. Huang, Z. and Li, S.X. "Co-op advertising models in manufacturer–retailer supply chains: A game theory approach", *European Journal of Operational Research,* **135**(3), pp. 527-544 (2001).
11. Huang, Z., Li, S.X. and Mahajan, V. "An analysis of manufacturer retailer supply chain coordination in cooperative advertising", *Decision Sciences,* **33**(3), pp. 469-494 (2002).
12. J⊘rgensen, S. and Zaccour, G. "Equilibrium pricing and advertising strategies in a marketing channel", *Journal of Optimization Theory and Applications,* **102**(1), pp. 111-125 (1999).
13. J⊘rgensen, S., Sigue, S.P. and Zaccour, G. "Stackelberg leadership in a marketing channel", *International Game Theory Review,* **3**(01), pp. 13-26 (2001).
14. J⊘rgensen, S. and Zaccour, G. "Channel coordination over time: Incentive equilibriums and credibility", *Journal of Economic Dynamics and Control,* **27**(5), pp. 801-822 (2003a).
15. He, X., Prasad, A. and Sethi, S.P. "Cooperative advertising and pricing in a dynamic stochastic supply chain: Feedback Stackelberg strategies", *Production and Operations Management,* **18**(1), pp. 78-94 (2009).
16. Szmerekovsky, J.G. and Zhang, J. "Pricing and two-tier advertising with one manufacturer and one retailer", *European Journal of Operational Research,* **192**(3), pp. 904-917 (2009).
17. Wang, S.D., Zhou, Y.W., Min, J. and Zhong, Y.G. "Coordination of cooperative advertising models in a one-manufacturer two-retailer supply chain system", *Computers & Industrial Engineering,* **61**(4), pp. 1053-1071 (2011).
18. Naimi Sadigh, A., Mozafari, M. and Karimi, B. "Manufacturer–retailer supply chain coordination: A bi-level programming approach", *Advances in Engineering Software,* **45**(1), pp. 144-152 (2012).
19. Yue, J., Austin, J., Huang, Z. and Chen, B. "Pricing and advertisement in a manufacturer–retailer supply chain", *European Journal of Operational Research,* **231**(2), pp. 492-502 (2013).
20. Baradaran-Kazemi, R. and Ghahari, A. "Cooperative advertising in a three-level supply chain", *Sharif journal of Industrial Engineering and Management,* **1**, pp. 71-76 (2011).
21. Xie, J. and Neyret, A. "Co-op advertising and pricing models in manufacturer–retailer supply chains", *Computers & Industrial Engineering,* **56**(4), pp. 1375-1385 (2009).
22. Xie, J. and Wei, J.C. "Coordinating advertising and pricing in a manufacturer–retailer channel", *European Journal of Operational Research,* **197**(2), pp. 785-791 (2009).
23. Yan, R. "Cooperative advertising, pricing strategy and firm performance in the e-marketing age", *Journal of the Academy of Marketing Science,* **38**(4), pp. 510-519 (2010).
24. Kunter, M. "Coordination via cost and revenue sharing in manufacturer–retailer channels", *European Journal of Operational Research,* **216**(2), pp. 477-486 (2012).
25. Giri, B.C. and Sharma, S. "Manufacturer's pricing strategies in cooperative and non-cooperative advertising supply chain under retail competition", *International Journal of Industrial Engineering Computations,* **5**(5), pp. 475-496 (2014a).
26. Giri, B.C. and Sharma, S. "Manufacturer's pricing strategy in a two-level supply chain with competing retailers and advertising cost dependent demand", *Economic Modelling,* **38**, pp. 102-111 (2014b).
27. Taleizadeh, A.A. and Cheraghi, Z. "Pricing and advertising decisions coordination using game theory", *Sharif Journal of Industrial Engineering and Management,* **32-1**(1/1), pp. 78-65 (20016).