مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۴۰۱)
دوره‌ی ۱-۳۸، شماره‌ی ۲، ص. ۵۹-۶۶، (پژوهشی)

Original Article

قیمت‌گذاری مبتنی بر رفتار مشتری با در نظر گرفتن رقابت در سیستم‌های خرده‌فروشی

متینه زیاری (دکتری)
محسن شیخ سجادیه * (دانشیار)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

در این تحقیق با توجه به اهمیت تحلیل رفتار مشتری در سیستم‌های توزیع و لزوم در نظر گرفتن رقابت از برنامه‌ریزی ریاضی برای طراحی این فرایند استفاده شده است. مدل پیشنهادی، اهداف بیشینه‌سازی سود و مطلوبیت مشتریان را در محیط رقابتی در نظر گرفته و مسئله‌ی رفتار مشتری را از طریق فرایند قیمت‌گذاری تبعیض‌آمیز و تابع مطلوبیت در مدل اعمال کرده و سپس مقادیر تعادلی رقابتی را از طریق برنامه‌ریزی دوسطحی و مدل استکلبرگ معین می‌کند. برای حل مدل پیشنهادی از روش کاروش کاهن تاکر برای یکپارچه‌سازی مدل دوسطحی استفاده شده و در نهایت با خطی‌سازی مدل یکپارچه مسئله در محیط نرم‌افزار گمز کدنویسی شده و مقادیر تعادلات به دست آمده است. در نهایت برای روشن شدن مفاهیم، مثال عددی و تحلیل حساسیت انجام شده و سناریوهای تعریف شده نیز با یکدیگر مقایسه شده‌اند و نتایج مدیریتی و زمینه تحقیقات آتی بیان شده است.

واژگان کلیدی: قیمت‌گذاری تبعیض‌آمیز، رقابت، رفتار مشتری، مدل استکلبرگ، روش کاروش کاهن تاکر.

m.ziari@aut.ac.ir
sajadieh@aut.ac.ir

۱. مقدمه

طی سال‌های گذشته، مدیریت تأمین و خرید توانسته موجب تغییرات قابل توجهی در بسیاری از شرکت‌ها و کارخانه‌ها و سایر نهادها شود. با در نظر گرفتن مقدار پولی که معمولاً در تدارکات و اجرای تصمیمات خرید و تأمین درگیر می‌شود، این امر چندان عجیب نیست.[۱] هنگامی که امور خرید و تأمین به‌صورت مؤثر و کارآمد شکل بگیرد، می‌تواند سهم زیادی در درآمد به دست آمده داشته باشد. از طرفی پیاده شدن برنامه‌های بهبود در مهندسی، تولید و مدیریت پشتیبانی می‌تواند منجر به کاهش زمان پیشبرد در توسعه مدل جدید و تحویل به هنگام و بی نقص محصولات شود.[۲]

فرایند خرید در زنجیره‌ی تأمین را می‌توان، به دست آوردن تمام کالاها، خدمات، امکانات و آگاهی لازم برای اجرا، نگهداری و اداره‌ی فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی شرکت در مطلوب‌ترین شرایط، از منابع خارجی دانست. بنابراین توجه به عناصر مختلف در بازاریابی تأثیر به‌سزایی در فرایند خرید و حسن اجرای فرایندها دارد. قیمت به‌عنوان یکی از عناصر اصلی بازاریابی برای مشتریان و تأمین‌کنندگان از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. سیاست‌های مناسب قیمت‌گذاری منجر به رضایت مشتریان و تأمین‌کنندگان می‌شود، سیاست‌هایی که باید منافع هر دو طرف مبادله را در نظر بگیرد.[۳]

روشن است که داشتن مزیت قیمت با انتخاب راهکار صحیح و مناسب وضع نهاد بسیار ارزشمند است. از این‌رو می‌تواند متضمن بقای آن بوده و از طرفی سودآوری به همراه داشته باشد و سایر منافع اقتصادی و اجتماعی را نیز مرتفع کند. اما داشتن مزیت رقابتی از طریق انتخاب استراتژی بهینه قیمت‌گذاری به این معناست که آن شرکت یا کارخانه بتواند در محیط یا بازار دنیای امروز که به شدت رقابتی است و در هر لحظه تحت تأثیر تکنولوژی‌های جدید ممکن است دست‌خوش تغییر شده و محلی مناسب برای نفوذ توسط سایر نهادها باشد، موقعیت خود را حفظ کرده و یا بتواند حتی گوی سبقت را از رقیبان برای دریافت سهم بازار بیشتر و جلب رضایت مشتریان برباید. این‌ها از جمله مسائل ابتدایی و ساده‌یی هستند که نقش سیاست قیمت‌گذاری را در صنایع مختلف پررنگ می‌سازد.[۴]

بنابراین می‌توان گفت که از بین عناصر مختلف در بازاریابی، قیمت دارای بیشترین اهمیت است. با توجه به تنوع راهکار قیمت‌گذاری برای شرکت‌ها، انتخاب این راهکار از مسائل مهم در تصمیم‌گیری بنگاه‌ها است. با انتخاب قیمت‌گذاری صحیح، بنگاه می‌تواند به کسب مزیت قیمتی و در نتیجه کسب مزیت رقابتی دست یابد.[۵]

از این رو در این مقاله، مسئله‌ی قیمت‌گذاری رقابتی در یک سیستم توزیع مورد بررسی قرار داده شده است و برای نزدیک شدن و سازگاری بیشتر با واقعیت و سازگاری بیشتر با سلیقه مصرف‌کننده، رفتار مشتریان نیز در نظر گرفته شده

---

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۴۰۰/۷/۷، اصلاحیه ۱۴۰۰/۱۱/۱۱، پذیرش ۱۴۰۰/۱۲/۲۳.
DOI:10.24200/J65.2022.57202.2186

است. در این تحقیق برای توسعه‌ی تحقیقات پیشین سیستم توزیعی در نظر گرفته می‌شود که شامل یک عمده‌فروش و دو خرده‌فروش است. دو عضو سیستم بر سر قیمت بهینه‌ی محصول به رقابت می‌پردازند تا مشتری بیشتری را با افزایش سطح رضایت ایشان جلب کرده و میزان سود خود را افزایش دهند. برای مدل‌سازی نیز دو سناریو به‌صورت: ۱. قیمت‌گذاری تبعیض‌آمیز؛ ۲. قیمت‌گذاری غیر تبعیض‌آمیز میان مشتریان در نظر گرفته شده است. در حالت اول، هریک از خرده‌فروشان به‌صورت جداگانه به بیشینه‌سازی سود خود می‌پردازند و در تمامی دوره قیمت یکسان به مشتریان خود و رقیب ارائه می‌دهند در حالی که در سناریوی دوم، ابتدا خرده‌فروشان راهکار قیمت‌گذاری یکنواخت را اتخاذ می‌کنند و سپس با توجه به رفتار مشتری و سابقه‌ی خرید او قیمت بهینه‌ی دوره‌های بعدی را برای مشتریان خود و رقیب معین می‌سازد. در نظر گرفتن عوامل رقابتی نظیر چانه‌زنی میان عمده‌فروش و خرده‌فروشان از طریق مدل استکلبرگ، رقابت میان خرده‌فروشان با توجه به رفتار مشتری و با در نظر گرفتن مطلوبیت مشتری طی فرایند قیمت‌گذاری تبعیض‌آمیز از جمله نوآوری‌های این تحقیق است.

در ادامه‌ی مقاله، در بخش دوم به مرور ادبیات مربوطه پرداخته‌ایم. بخش سوم دربردارنده‌ی تعریف مسئله و مفروضات و نمادهای به کاررفته و مدل‌سازی و روش حل آن است. در بخش چهارم برای روشن‌تر شدن مفاهیم به کاررفته، مثال عددی و تحلیل حساسیت ارائه می‌شود و دو سناریوی تعریف شده با یکدیگر مقایسه می‌شوند. نهایتاً در بخش پنجم نتایج استخراج شده از بخش قبلی و پیشنهادات برای سیر مطالعات آتی ارائه شده است.

۲. مرور ادبیات

تحقیقات گوناگونی در حوزه‌ی قیمت‌گذاری رقابتی انجام شده که می‌توان آنها را در دو دسته تقسیم‌بندی کرد. تحقیقات دسته اول بیشتر رقابت را به‌صورت درون زنجیره‌یی و بین سطوح یک سیستم یا زنجیره‌ی تأمین در نظر گرفته و دسته دوم رقابت را به‌صورت برون‌زنجیره‌یی مورد بررسی قرار داده‌اند. در ادامه مقالات قیمت‌گذاری مبتنی بر رفتار مشتری مرور خواهد شد و ترکیب موضوع قیمت‌گذاری با رفتار مشتری مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای مرور مدل‌های قیمت‌گذاری می‌توان به مک‌گایر و استالین اشاره کرد که در سال ۱۹۸۳ کاری ابتدایی برای رقابت بین زنجیره‌های تأمین ارائه دادند. از طرفی مطالعات در زمینه‌ی رقابت عمودی با کار مک‌گایر در دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی شروع می‌شود. کمی بعد چوی مسئله‌یی را مطالعه کرد که دو عمده‌فروش و یک خرده‌فروش در زنجیره‌ی تأمینی فعالیت داشتند و سه نوع بازی غیرهمکارانه از ساختارهای قدرتی متفاوت ارائه دادند و اثبات کردند که خروجی‌های سیستم به نوع تابع تقاضا وابسته است.[۶]

به طور مشابه ولی برای حالت برون زنجیره‌یی، بویاچی و گالگو دو زنجیره‌ی تأمین را بررسی کردند که بر سر خدمت‌دهی به مشتریان به رقابت می‌پرداختند و ساختار یکپارچه‌یی ایجاد کردند که تعادل نش هر دو عضو را به‌سادگی معین کند.[۷]

برای ترکیب دو عامل سطح خدمت و قیمت، ژیاو و یانگ مدلی پیشنهاد دادند که برای تقاضاهای غیرقطعی تناسب و کاربرد داشته باشد و راهکارهای بهینه‌یی را برای یکپارچه‌سازی تصمیمات قیمت‌گذاری و بیشینه‌سازی سطح خدمت توسعه دادند.[۸]

وو و مالیک مدلی پیشنهاد دادند که در آن دو تولیدکننده بر سر محصولی قابل جایگزینی با هم به رقابت می‌پرداختند. آنها شرایطی را تعریف کردند که دست‌کم یکی از خرده‌فروشان هر دو محصول را بفروشد.[۹] ژو و همکارانش نیز ساختاری تعادلی برای دو زنجیره‌ی در حال رقابت ارائه کردند که تقاضای موجود در این بازار وابسته به قیمت و حجم درخواست مشتری بوده است.[۱۰]

فنگ و همکارانش با ترکیب عدم قطعیت در محیط‌های رقابتی مدل جدیدی را در ادبیات موضوع مطرح کردند. آنها بررسی کردند که چگونه سطوح غیرقطعی زنجیره‌ی تأمین یا سیستم‌های توزیع و شدت رقابت، روی تعادلات اثر می‌گذارد.[۱۱]

عشقی و محمودی سیستمی را در نظر گرفتند که رقابت در آن روی قیمت بوده و از سه الگوریتم برای محاسبه‌ی تعادلات سیستم در ساختارهای احتمالی مختلف استفاده کردند.[۱۲] فلاح و همکاران رقابت بین دو سیستم را در محیط غیرقطعی مورد مطالعه قرار دادند. هدف اصلی و ابتدایی آنها این بود که اثر رقابت هم‌زمان را بین دو سیستم بر اساس تقاضا بررسی کنند و برای این مسئله از رویکرد نظریه‌ی بازی‌ها به همراه نظریه‌ی احتمال استفاده کردند.[۱۳]

در این بخش ادبیات مرتبط با قیمت‌گذاری در زنجیره‌ی تأمین با در نظر گرفتن رفتار مشتریان مرور می‌شود. برای مرور و بررسی ادبیات مرتبط، نزدیک‌ترین کارها با ویژگی‌های مورد نظر انتخاب شده و روند مدل‌سازی و حل تعریف شده است.

رومین نیجس میزان سرمایه‌گذاری و اثرات ویژگی‌های مشتریان که توسط رقبا شناسایی شده است را به کمک مدل دودوره‌یی با در نظر گرفتن فرایند تبعیض‌گذاری برمبنای رفتار مشتریان به دست آورده است. فرایند تسهیم اطلاعات میان دو دوره نیز با شکل‌گیری بازی دیگری انجام می‌شود و این مبادلات میزان توانایی شرکت‌ها را در افزایش سهم ایشان و نیز به دست آوردن سود بیشتر، افزایش می‌دهد.[۱۴]

کوی و لی، موضوع قیمت‌گذاری با در نظر گرفتن عمر مفید محصولات را مورد بررسی قرار دادند و از این راهبرد برای بهبود وضعیت نوسانات تقاضا و نیز اصلاح نقطه‌ی قله‌ی تقاضا استفاده کردند.[۱۵] استیو و کارکوئرا، اثرات دینامیکی قیمت‌گذاری مبتنی بر رفتار مشتری را در بازارهای مختلف بررسی کردند و بر افزایش سطح آگاهی مراکز تأکید ویژه‌یی داشتند و نشان دادند که استفاده از قیمت‌گذاری تبعیض‌آمیز، سبب افزایش سود مراکز صنعتی و تجاری می‌شود.[۱۶]

پیشوایی و همکاران اهمیت مسئولیت‌های اجتماعی مراکز صنعتی و واحدهای تجاری مورد مطالعه قرار دادند و سعی در انعکاس نقش مسئولیت‌های اجتماعی در طراحی شبکه‌ی زنجیره‌ی تأمین و نقش رفتار مشتریان در اعمال تصمیمات عملیاتی کردند.[۱۷]

رومین و راجرز مدل دو دوره‌یی را در نظر گرفتند که در آن رقبا محصولات تجربی به بازار عرضه می‌کنند و به دنبال قیمت‌گذاری مبتنی بر رفتار مشتری بودند و اثبات کردند که اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری با در نظر گرفتن رفتار مشتریان، شدت رقابت را افزایش می‌دهد.[۱۸] شن و بواس، اثرات تبلیغاتی که مراکز صنعتی یا تجاری برای مشتریان خود می‌فرستند را مورد بررسی قرار دادند و مبنای ارسال این تبلیغات را رفتار مشتریان هنگام خرید تعریف کردند. به این صورت که اگر تجربه‌ی خرید مشتری از یک محصول رابطه‌ی همبستگی مثبتی با محصول دیگر داشته باشد، تبلیغات مرتبط با محصول دوم برای مشتری ارسال خواهد شد. در نهایت با بررسی راهبردهای تسهیم اطلاعاتی، سعی کردند میزان این اثرات را با دقت بیشتری بررسی کنند.[۱۹]

کوئه و همکاران، فرایند قیمت‌گذاری مشتریان را در یک رقابت پویا بررسی کردند که در آن اطلاعات مشتریان را در اولین فرایند خریدشان جمع‌آوری کردند. آنها نشان

دادند که چگونه در نظرگرفتن راهکار قیمت‌گذاری بر قیمت‌های ارائه شده و نیز میزان سود شرکت‌ها اثر خواهد گذاشت.[۲۰]

زیاری و شیخ سجادیه، مسئله‌ی قیمت‌گذاری مبتنی بر رفتار را با درنظرگرفتن رقابت افقی و عمودی میان مراکز عمده‌فروشی و خرده‌فروشی در نظر گرفته و با استفاده از روش لاگرانژین به حل مدل پرداختند.[۲۱] در این تحقیق برای توسعه‌ی تحقیقات پیشین سیستم خرده‌فروشی در نظرگرفته می‌شود که شامل یک عمده‌فروش و دو خرده‌فروش است. عمده‌فروش و خرده‌فروشان بر سر قیمت بهینه‌ی محصول و سطح مطلوبیت مشتریان به رقابت می‌پردازند تا مشتری بیشتری را با افزایش رضایت عمومی جلب کرده و میزان سود خود را افزایش دهند. برای مدل‌سازی نیز دو سناریو به‌صورت: ۱. غیرتبعیض‌آمیز؛ ۲. تبعیض‌آمیز در نظر گرفته شده است. در حالت اول، هریک از اعضا به‌صورت جداگانه و انفرادی به بیشینه‌سازی سود خود فکر می‌کنند و قیمت یکسان به مشتریان خود و رقیب ارائه می‌دهند و عوامل مطلوبیت مشتریان را در نظر نمی‌گیرند. اما در حالت دوم بر اساس اطلاعاتی که طی فرایند دومرحله‌یی ایجاد می‌شود، به‌صورت تبعیض‌آمیز به مشتریان قبلی خود و رقیب قیمت ارائه می‌دهند. در نظرگرفتن عوامل رقابت میان عمده‌فروش و خرده فروشان و نیز میان خرده‌فروشان با در نظرگرفتن رفتار مشتریان و نیز ایجاد دو سناریو برای یافتن قیمت‌های تبعیض‌آمیز و غیرتبعیض‌آمیز ازجمله نوآوری‌های این تحقیق هستند و می‌توان گفت تحقیق حاضر جزء اولین پژوهش‌هایی است که به ترکیب و یکپارچه‌سازی این مفاهیم در جهت افزایش بهره‌وری سیستم‌های خرده‌فروشی می‌پردازد.

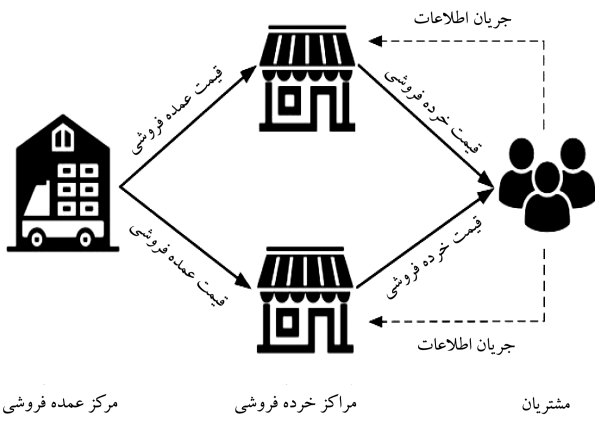
۳. تعریف مسئله، مفروضات و نمادها

با بررسی‌های صورت گرفته روی سیستم‌های توزیع و با نظرسنجی از مدیران ارشد صنایع مختلف مشخص شد که در بسیاری از سیستم‌های خرده‌فروشی، مراکز خرده‌فروشی به‌عنوان پیرو زنجیره، بر اساس اطلاعات دریافت شده از طریق مشتریان، قیمت‌های متفاوتی برای گروه‌های متفاوتِ کالا ارائه می‌دهند (لازم به ذکر است که این قیمت‌ها باید متضمن سودآوری آنها باشد) و از طریق سیستم خرده‌فروشی این زنجیره را به دست مشتریان می‌رسانند. در این میان، عمده‌فروشان (یا عمده‌فروش) که رهبر زنجیره هستند به دنبال بیشینه‌سازی سود خود هستند و درصددند حتی‌الامکان با قیمت کم‌تری محصول را تأمین کنند.

در این مقاله با در نظرگرفتن مرکز عمده فروشی و مراکز خرده‌فروشی موجود، قیمت‌گذاری رقابتی در زنجیره مورد نظر با در نظرگرفتن رفتار مشتریان انجام شده است. در شکل ۱، سیستم خرده‌فروشی مورد بررسی در این مقاله به نمایش گذاشته شده است. چنان که مشاهده می‌شود سیستم از دو لایه‌ی «عمده‌فروش» و «مراکز خرده‌فروشی» است.

ضمناً، به منظور جلوگیری از افزایش سهم بازار رقبا، شرکت به دنبال افزایش سطح دسترسی مشتری به نمایندگان خود و نیز افزایش مطلوبیت است و لذا این مهم از طریق دریافت انعکاس رفتار مشتریان به مراکز خرده‌فروشی به دست می‌آید که در قالب تصمیمات قیمت‌گذاری در سطح دوم به ساختار مدل اضافه شده است.

در این پژوهش دو سناریو در نظر گرفته شده است. در سناریوی اول تنها رقابت بین دو مرکز در قالب مدل استکلبرگ شکل گرفته و قیمت‌گذاری در سطح پایین به‌صورت غیر تبعیض‌آمیز بوده و تمامی خرده‌فروشان به مشتریان خود و رقیب



شکل ۱. ساختار سیستم توزیع پیشنهادی.

قیمت یکسان ارائه می‌دهند. اما در سناریوی دوم، علاوه بر مدل رقابتی استکلبرگ که معرف نوع بازی میان دو مرکز است، قیمت‌گذاری در مرحله‌ی پایین به‌صورت تبعیض‌آمیز بوده و با دریافت تابع مطلوبیت و سابقه‌ی خرید مشتریان، دو نوع قیمت متفاوت به مشتریان خود و رقیب ارائه خواهد شد. در سناریوی دوم، برای مدل‌سازی مسئله‌ی قیمت‌گذاری در سطح دوم، از یک فرایند دومرحله‌یی استفاده می‌شود. در مرحله‌ی اول تمامی مراکز خرده‌فروشی، فارغ از هزینه‌های متفاوت و مسافت‌های گوناگون قیمت واحد، یکسان و یکنواختی را به مشتریان ارائه می‌دهند که ناظر بر مفهوم قیمت‌گذاری یکسان است. اما در مرحله‌ی دوم بر مبنای اطلاعات به دست آمده از مشتریان و میزان امتیازی که به هریک از عوامل مؤثر در مطلوبیت ایشان ـ اعم از قیمت محصول، مسافت مرکز خرده‌فروشی تا ایشان، کیفیت و ... داده می‌شود، قیمت بهینه‌ی ارائه شده در مرحله‌ی بعدی از طریق تعادل نش به دست خواهد آمد و میان مشتریان بر مبنای سلیقه و رفتار ایشان تبعیض و تمایز ایجاد می‌کند و ناظر بر مفاهیم قیمت‌گذاری تبعیض‌آمیز در زنجیره‌های تأمین و بازار است.

لازم به ذکر است که گاهی در نظرگرفتن این تمایزات و نیز ویژگی‌های رفتاری مشتریان می‌تواند منجر به قیمت‌گذاری جغرافیایی یا بخش‌بندی مشتریان شود که میزان پذیرش قیمت و مقبولیت محصول ارائه شده را افزایش می‌دهد.

در این مقاله، برای تکمیل بحث مدل‌سازی رقابتی علاوه بر در نظرگرفتن رفتار مشتریان، نحوه‌ی تقسیم‌بندی قدرت در یک بازار رقابتی میان اعضاء بازار مورد توجه قرارگرفته است. از آن‌جا که سهم فروش سیستم در ادوار گذشته بیشتر از سایر رقبا در بازار بوده است و نیز شرکت در نوآوری و فنّاوری توزیع پیشتاز است رهبریت بازار را بر عهده دارد. لذا متقارن نبودن قدرت میان افراد موجود در بازار، نمود بارزی از یک رقابت استکلبرگ است. به همین منظور برای انعکاس رفتار پیرو و تأثیر تصمیمات رهبر در بازار تعریف شده، مدل‌سازی مسئله به‌صورت دوسطحی انجام شده است، که در آن سطح اول دربردارنده‌ی تصمیمات رهبر بازار (عمده‌فروش زنجیره) است و سطح دوم با تصمیمات مربوط به زنجیره‌ی تأمین پیرو (مراکز خرده‌فروشی) سر و کار دارد. در ادامه نحوه‌ی حل مدل و به دست آوردن تعادل استکلبرگ ما را به نقطه‌ی بهینه می‌رساند.

مفروضاتی که در مسئله‌ی مورد بررسی در نظرگرفته می‌شود، عبارت‌اند از:

۱. رقابت از نوع استکلبرگ میان عمده‌فروشی و خرده‌فروشی و بر سر قیمت در نظرگرفته می‌شود؛

۲. مکان مراکز عمده‌فروشی ثابت و از پیش تعیین شده است؛

۳. ظرفیت عمده‌فروشی و مراکز خرده‌فروشی ثابت و نیز محدود است؛

۴. رفتار مشتریان و فاصله‌ی جغرافیایی مشتریان از مراکز خرده‌فروشی در مطلوبیت مشتریان و تعریف تقاضا لحاظ شده است؛

۵. مسئله به علت ماهیت مفروضات رقابتی، به‌صورت دوسطحی مدل‌سازی می‌شود که سطح اول مربوط به رهبر (عمده‌فروش) بوده و در آن حجم مورد نظر و قیمت فروش محصول به مراکز خرده‌فروشی محاسبه می‌شود؛ درسطح دوم مربوط به پیرو (مراکز خرده‌فروشی) قیمت بهینه‌ی ارائه‌ی محصول به مشتریان به دست می‌آید؛

۶. مسئله‌ی مفروض در طی یک دوره زمانی مدل‌سازی می‌شود، اما فرایند قیمت‌گذاری در سطح خرده‌فروشی به‌صورت دومرحله‌یی در نظر گرفته شده است؛

۷. قیمت ارائه شده در هریک از مراکز خرده‌فروشی مستقل از سایر مراکز بوده و در مرحله‌ی اول قیمت‌گذاری، نوع همکاری غیرمتمرکز میان ایشان در نظر گرفته شده است؛

۸. مسئله‌ی مفروض تک‌محصولی است و تنها یک محصول به بازار ارائه می‌شود؛

۹. دو مرکز خرده‌فروشی در دو سر بازه [۰و۱] قرار دارد و مشتریان به‌صورت یکسان در این بازه پراکنده‌اند؛

۱۰. موقعیت جغرافیایی مشتریان در بازه [۰و۱] نشان‌دهنده‌ی میزان ترجیح ایشان برای خرید از هریک از خرده‌فروشان در دو سر بازه است؛

۱۱. سلیقه و ترجیحات مشتری در طی دوره‌های زمانی تغییر نمی‌کند.

۱.۳. مدل‌سازی مسئله

در این قسمت یک مدل دوسطحی برای قیمت‌گذاری رقابتی با در نظرگرفتن رفتار مشتریان ارائه خواهد شد. رقابت در نظرگرفته شده بین مرکز عمده‌فروشی و مراکز خرده‌فروشی با استفاده از بازی استکلبرگ و برنامه‌ریزی دوسطحی مدل‌سازی شده است. در ادامه نمادهای استفاده شده در مدل ریاضی معرفی و مدل ریاضی بیان می‌شود.

۱.۱.۳. نمادگذاری

مجموعه، پارامترها و متغیرهای تصمیم مسئله برای مدل‌سازی عبارت است از:

- **مجموعه‌ها**

I: مرکز عمده‌فروشی، $i = ۱$؛
J: مراکز خرده‌فروشی، $j = \{۱, ۲\}$؛
k: مشتریان، $k \in \{۱, ۲, ۳, \ldots, K\}$.

- **پارامترها**

c_i: هزینه‌ی تمام شده (تدارک و نگهداری) در عمده‌فروشی iام؛
cap_i: ظرفیت مرکز عمده‌فروشی iام؛
tr: واحد هزینه‌ی حمل‌ونقل؛
D: کل تقاضای بازار؛
α: حاشیه‌ی سود عمده‌فروشی؛
u_j: مطلوبیت مشتری با خرید از مرکز خرده‌فروشی jام؛
U: عایدی پایه‌ی مشتری از خرید.

- **متغیرهای تصمیم**

Q_{ij}: میزان کالای حمل شده از عمده‌فروش i به خرده‌فروش j؛
P_i: قیمت ارائه‌ی محصول توسط عمده‌فروش iام؛
Pr_j: قیمت ارائه‌ی محصول توسط خرده‌فروش jام؛
Q_j: حجم تقاضای مرکز خرده‌فروشی jام؛
D_j: میانگین تقاضای مرکز خرده‌فروشی jام.

۲.۱.۳. فرمول‌بندی مسئله

برای ورود به مدل‌سازی و فرمول‌بندی مدل استکلبرگ (دوسطحی) ابتدا لازم است تابع مطلوبیت و تقاضای خرده‌فروشان شرح داده شود و نحوه‌ی تعریف آن به تفصیل بیان شود. در رابطه‌ی ۲ و ۳، مطلوبیت یک مشتری که در فاصله‌ی x از خرده‌فروش jام قرار دارد بیان شده است.[۲۲] در رابطه‌ی ۲، مطلوبیت مشتریان بر اساس میزان عایدی ایشان با خرید از مرکز خرده‌فروشی jام پس از کسر هزینه‌های حمل‌ونقل بر اساس فاصله‌ی جغرافیایی از مرکز خرده‌فروشی jام به دست می‌آید. در این رابطه برای محاسبه‌ی مقدار عایدی از رابطه‌ی ۳ استفاده شده است.

نهایتاً در رابطه‌ی ۱، حجم تقاضای مبتنی بر قیمت مشتری بر مبنای تابع مطلوبیت ارائه شده که از مشتق جزئی نسبت به قیمت خرده‌فروشی به دست آمده است.

$$Q_j = -\frac{\partial V(\mathrm{Pr}_j)}{\partial \mathrm{Pr}_j} = \mathrm{Pr}_j^{-\varepsilon} \qquad j = \{۱, ۲\} \qquad (۱)$$

$$u_j = U + V(\mathrm{Pr}_j) - trD_j(x) \qquad j = \{۱, ۲\} \qquad (۲)$$

$$V(\mathrm{Pr}_j) = v - \frac{\mathrm{Pr}_j^{۱-\varepsilon}}{۱-\varepsilon} \qquad j = \{۱, ۲\} \qquad (۳)$$

با داشتن مقدار حجم تقاضای وابسته به قیمت مشتری و نقطه‌ی بی‌تفاوتی روی پاره‌خط واصل دو مرکز خرده‌فروشی معادل با $x = \frac{۱}{۲} + \frac{Pr_۲^{۱-\varepsilon} - Pr_۱^{۱-\varepsilon}}{۲tr(۱-\varepsilon)}$ ، مقدار تقاضای خرده‌فروشان مطابق رابطه‌ی ۴ و ۵ به دست خواهد آمد:

$$D_۱ = x.\mathrm{Pr}_۱^{-\varepsilon} \qquad (۴)$$

$$D_۲ = (۱-x).\mathrm{Pr}_۲^{-\varepsilon} \qquad (۵)$$

حال با پیدا شدن مقدار تقاضای هریک از خرده‌فروشان، می‌توان تابع سود را از طریق روابط ۶ و ۷ محاسبه کرد:

$$\pi_۱ = x.\mathrm{Pr}_۱^{-\varepsilon}.\mathrm{Pr}_۱ = x.\mathrm{Pr}_۱^{۱-\varepsilon} \qquad (۶)$$

$$\pi_۲ = (۱-x).\mathrm{Pr}_۲^{-\varepsilon}.\mathrm{Pr}_۲ = (۱-x).\mathrm{Pr}_۲^{۱-\varepsilon} \qquad (۷)$$

و با داشتن توابع سود خرده‌فروشان می‌توان مدل ریاضی دوسطحی را برای مسئله فرموله کرد.

۲.۳. مسئله‌ی رهبر

$$Max\, Z = \sum_{i,j} (P_i - C_i) \times Q_{ij} \qquad (۸)$$

$$st:$$

$$\sum_j q_{ij} \le cap_i \qquad (\forall i \in I) \qquad (۹)$$

$$\sum_j Q_{ij} = D \qquad (\forall i \in I) \qquad (۱۰)$$

$$E(P_i) \le \mathrm{P}_i \tag{۱۱}$$

$$Q_{ij}, P_i, \mathrm{Pr}_j \in R^+ \qquad (\forall i \in I, \forall j \in J) \tag{۱۲}$$

۳.۳. مسئله‌ی پیرو

$$Max\ Z_j = [x \times (\mathrm{Pr}_j^{)-\epsilon})] - (\mathrm{Pr}_i \times Q_{ij}) \tag{۱۳}$$

$st:$

$$P_i \le \mathrm{Pr}_j \qquad (\forall j \in J, \forall i \in I) \tag{۱۴}$$

$$Q_{ij}, \mathrm{Pr}_j \in R^+ \qquad (\forall j \in J, \forall i \in I) \tag{۱۵}$$

در ادامه تابع هدف هر دو مسئله‌ی رهبر و پیرو و نیز محدودیت‌های متناظر شرح داده می‌شود. در رابطه‌ی ۸ سود به دست آمده از فروش محصول در مرکز عمده‌فروشی بیشینه می‌شود.

در سوی دیگر مراکز خرده‌فروشی به‌عنوان پیرو به دنبال بیشینه کردن سود و عایدی هستند که تابع هدف ۱۳ شامل درآمد حاصل از فروش محصولات از مراکز خرده‌فروشی است.

محدودیت‌های در نظرگرفته شده شامل محدودیت‌های رهبر و همچنین پیرو است. در رابطه‌ی ۹ ظرفیت مرکز عمده‌فروشی برای تأمین محصول مورد نیاز خرده‌فروشان معین شده است. محدودیت ۱۰ بیان می‌کند که مجموع محصول ارائه شده از خرده‌فروشان به مشتریان که توسط عمده فروش تأمین می‌شود باید برابر با تقاضای مشتریان باشد. محدودیت ۱۱ تضمین می‌کند قیمت عمده‌فروشی از متوسط قیمت ارائه شده در سنوات گذشته بزرگ‌تر باشد. محدودیت ۱۴ به این معناست که قیمت ارائه شده از سوی عمده‌فروشی نباید از قیمت ارائه شده توسط خرده‌فروشان بیشتر باشد. محدودیت‌های ۱۲ و ۱۵ به‌عنوان محدودیت‌های پایانی هر دو مسئله‌ی رهبر و پیرو نیز علامت متغیرهای به‌کار برده شده را معین می‌کنند.

در بخش بعدی، روش حل مدل پیشنهادی به طور کامل شرح داده خواهد شد.

۴.۳. حل مدل پیشنهادی

در ادبیات، روش‌های دقیق برای حل مسائل دوسطحی که به‌صورت عدد صحیح مختلط خطی هستند، بسیار کم و محدود است. البته برای حل مسائل دوسطحی که متغیر عدد صحیحی در مسئله‌ی سطح پایین (پیرو) وجود ندارد، روش‌های زیادی پیشنهاد شده که به‌صورت کلی می‌توان این روش‌ها را به دودسته کلی «روش‌های شمارشی» و «روش‌های تغییر ساختاری» تقسیم کرد. در روش‌های شمارشی، بسته به نوع مسئله‌ی دوسطحیِ مورد بررسی، جواب بهینه در یک نقطه گوشه‌یی قرار دارد که متعلق به یک منطقه‌ی شدنی است که توسط محدودیت‌های سطح بالایی یا سطح پایینی به وجود آمده است. روش‌های تغییر ساختاری، مسئله‌ی دوسطحی را به مسئله‌ی تک‌سطحی تبدیل می‌کنند، برای مثال با استفاده از شرایط کاروش کاهن تاکر سطح پایینی را به‌صورت محدودیت به محدودیت‌های مسئله اضافه کرده و مسئله تک سطحی می‌شود.[۲۳-۲۶] تحقیقات دیگری نیز بر اساس جست‌وجوی شمارشی نقطه‌ی بهینه عمل کرده‌اند.[۲۷-۳۱] در روش‌های تغییر ساختاری بیشتر از شرایط بهینگی کاهن تاکر برای تبدیل مسئله‌ی چندسطحی به تک‌سطحی استفاده شده است. شی و همکاران، بیالاس و کاروان، هانسن و همکاران از شرایط بهینگی کاهن تاکر برای تبدیل مسئله‌ی چندسطحی به تک‌سطحی استفاده کرده‌اند.[۳۲،۲۴،۳۳]

در این بخش با استفاده از شرایط کاهن تاکر مسئله‌ی دوسطحی به مسئله‌ی تک‌سطحی تبدیل و تابع هدف پیرو با محدودیت‌هایی در مسئله جایگزین می‌شود. این محدودیت‌ها درواقع همان شرایط ثابت و شرایط مکمل هستند که به محدودیت‌های مسئله‌ی سطح اول اضافه می‌شوند.[۳۴]

ـ محدودیت‌های شرایط ثابت

$$\nabla_{CV} FF(\mathrm{Pr}_j, Q_{ij}) - \sum_i \lambda_i \nabla_{CV} G_i(cv) = 0 \tag{۱۶}$$

ـ محدودیت‌های شرایط مکمل

$$\lambda_i G_i(cv) = 0 \tag{۱۷}$$

همان‌طور که مشخص است به‌علت استفاده از روش کاهن تاکر، برخی روابط غیرخطی به مسئله اضافه می‌شود که برای خطی کردن آن از رابطه‌ی ۱۸ استفاده می‌شود:[۳۵]

$$\begin{cases} \lambda_i - M\,\nu_i \le 0 \\ G_i(cv) - M(1-\nu_i) \le 0 \end{cases} \tag{۱۸}$$

که در آن v_i یک متغیر باینری است. حال مدل تک‌سطحی خطی یکپارچه با استفاده از شرایط کاروش کاهن تاکر و رویکرد خطی‌سازی، توسط نرم‌افزار گمز به سادگی حل خواهد شد. در بخش بعدی، خروجی‌های حل مدل برای یک نمونه عددی ارائه و تحلیل حساسیت ارائه خواهد شد.

۴. نتایج و تحلیل حساسیت

در این بخش نتایج محاسباتی حاصل از اجرای مدل ارائه می‌شود. از آن‌جا که مدل ارائه شده برای محیط رقابتی طراحی شده، سعی شده است اطلاعات ورودی مسئله تا حد امکان با دقت جمع‌آوری شود تا پیشنهادهایی که ارائه می‌شود، قابلیت استفاده و پیاده‌سازی را در سیستم‌های توزیع و خرده‌فروشی داشته باشند. برای پیاده‌سازی مدل از اطلاعات موجود[۳۶] استفاده شده است. در این فصل بعد از اعتبارسنجی مدل و روش حل ارائه شده، مزیت‌های مدل پیشنهادی ذکر شده است. مدل ارائه شده از طریق کدنویسی در نسخه‌ی ۲۳.۴.۳ نرم‌افزار GAMS با استفاده از یک لپ‌تاپ سه‌هسته‌یی با ۲٫۲۷ گیگاهرتز سرعت پردازنده توسط حل‌کننده‌ی CPLEX در مدت ۲۰ ثانیه و ۶۲۴ صدم ثانیه حل شده است.

۱.۴. مثال عددی

مدل پیشنهادی برای یک دوره اجرا شده است. هزینه‌های حمل‌ونقل بر اساس آمار به‌صورت هزینه‌ی هر کیلومتر جابه‌جایی به دست آمده است. تقاضای مشتریان نیز بر اساس اطلاعات موجود تخمین زده شده است.

در مورد پارامترهای مربوط به حدود قیمت هم فرض شده است، قیمت ارائه‌ی محصول از مرکز عمده‌فروشی به مراکز خرده‌فروشی باید از میانگین قیمت فروش در سنوات قبلی بزرگ‌تر بوده و به طور هم‌زمان نیز از کمترین قیمت ارائه شده توسط مراکز خرده‌فروشی، کم‌تر باشد. در ادامه، نتایج حاصل از حل مدل با استفاده از داده‌های ذکر شده بیان می‌شود. تحلیل اول روی ظرفیت تأمین مرکز عمده‌فروشی انجام شد، تا میزان تأثیر آن بر مقدار تابع هدف مرکز عمده‌فروشی مشاهده شود.

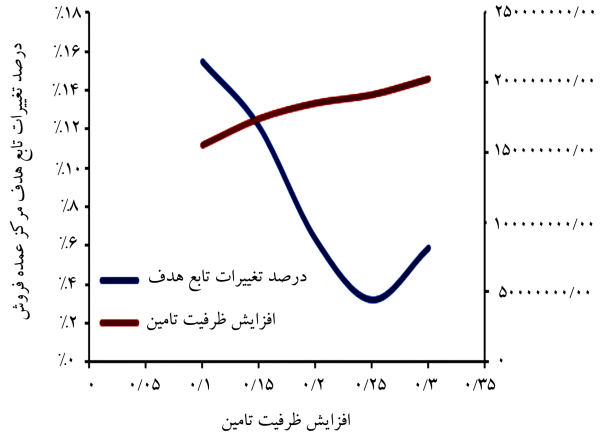
چنان که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش ظرفیت مراکز عمده‌فروشی، مقادیر تابع هدف سیر افزایشی داشته ولی درصد تغییرات آن روند کاهشی دارد، زیرا

جدول ۱. نتایج حاصل از حل مدل در سناریو ۱ (غیر تبعیض‌آمیز).

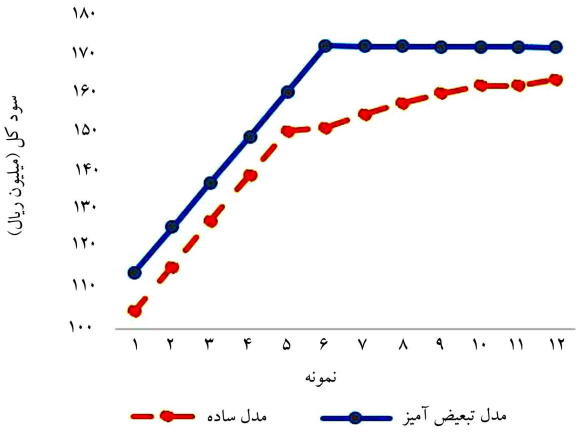
متغیرهای تصمیم بهینه	خرده‌فروش ۱	خرده‌فروش ۲
قیمت خرده‌فروشی برای مشتریان (تومان)	۱۵۳۷۶٫۱۹	۱۴۰۸۷٫۲۶
قیمت عمده‌فروشی (تومان)	۱۴۳۴۷٫۶	۱۳۶۴۷٫۵۱
حجم خریداری شده از عمده‌فروش	۴۰۳٫۸۹	۶۱۹٫۴۳

جدول ۲. نتایج حاصل از حل مدل در سناریو ۲ (غیر تبعیض‌آمیز).

متغیرهای تصمیم بهینه	خرده‌فروش ۱	خرده‌فروش ۲
قیمت خرده‌فروشی برای مشتریان قبلی (تومان)	۱۴۶۷۳٫۲۲	۱۳۳۰۵٫۹۳
قیمت خرده‌فروشی برای مشتریان رقیب (تومان)	۱۴۹۸۵٫۳۷	۱۳۹۰۸٫۳۷
قیمت عمده‌فروشی (تومان)	۱۳۲۶۷٫۹	۱۲۰۵۹٫۱
حجم خریداری شده از عمده‌فروش	۵۳۸٫۷۰	۷۹۱٫۶۸



شکل ۲. درصد تغییرات سود عمده‌فروش به ازاء افزایش ظرفیت تأمین.

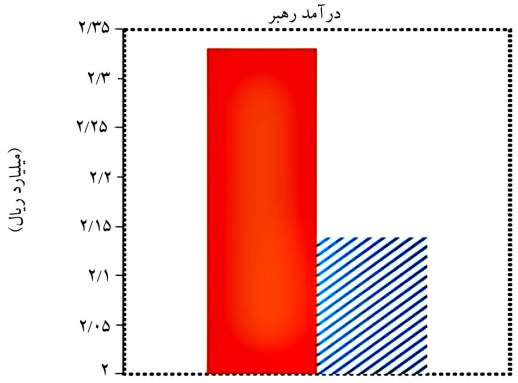


شکل ۳. مقایسه میان مدل‌های تعریف شده تحت نمونه‌های حل شده‌ی مختلف.

افزایش ظرفیت عمده‌فروشی لزوماً به‌معنای افزایش در تقاضا نبوده و میزان خروج محصول از عمده‌فروشی به مراکز خرده‌فروشی تضمین نشده است. مقادیر متغیرهای تصمیم محاسبه شده برای هریک از سناریوهای غیرتبعیض‌آمیز و تبعیض‌آمیز از طریق نرم‌افزار به دست آمده است و به‌صورت خلاصه به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ثبت و نتایج منعکس شده است. از مقایسه‌ی دو جدول ۱ و ۲ درمی‌یابیم که میزان قیمت در هر یک از مراکز موجود در سیستم خرده‌فروشی پس از در نظرگرفتن رفتار مشتریان و در سناریوی تبعیض‌آمیز کاهش یافته است. اما این مقدار کاهش با توجه به افزایش میزان فروش، افزایش سطح رضایت مشتریان، افزایش تعداد مشتریان در بازار رقابتی مطلوب بوده و علی‌رغم این که ممکن است در کوتاه مدت با مشاهده‌ی افت قیمت، سود سیستم کاهش یابد، اما در درازمدت با افزایش تعداد مشتریان و افزایش سهم بازار با توجه به شرایط رقابتی، برای کل مجموعه به‌طور چشم‌گیری سودآور است و موجب افزایش سطح بهره‌وری و کارایی سیستم می‌شود.

برای بررسی تأثیر در نظرگرفتن رفتار مشتری در قیمت‌گذاری تبعیض‌آمیز مدل‌ها، با در نظرگرفتن ۱۲ نمونه آزمایش، دو حالت تبعیض‌آمیز و بدون تبعیض مقایسه شدند. چنان که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، مدل تبعیض‌آمیز در قریب به تمامی سناریوها بهتر بوده است.

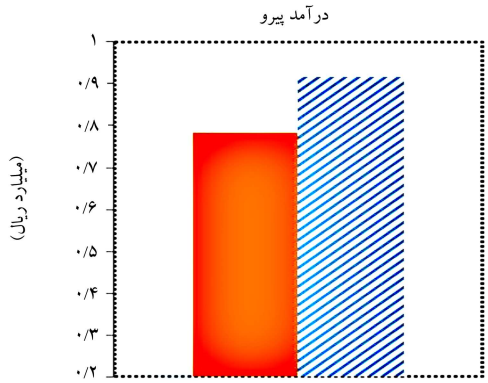
اما چالشی در مورد این موضوع مطرح است. مدل ساده از روندی صعودی پیروی می‌کند در حالی که مدل تبعیض‌آمیز چنین رفتاری ندارد. این مسئله ثابت



شکل ۴. تأثیر در نظرگرفتن رفتار بر سود رهبر در قیمت‌گذاری رقابتی.

می‌کند که مدل تبعیض‌آمیز همواره سودآور نیست چرا که در این حالت قیمت‌های متعادل‌تری ارائه می‌شود و در برخی موارد ممکن است روند کاهشی داشته باشد. اما نکته‌ی اصلی در اثر درازمدت این حالت است که سهم بازار بزرگ‌تری در برخواهد داشت و در نتیجه سودآوری بیشتری نسبت به مدل ساده خواهد داشت. علت اصلی نیز بیشتر بودن تعداد مشتریان جذب شده است که شرایط مطلوب‌تری به آنها پیشنهاد شده است.

در شکل ۴ و ۵ مقادیر توابع هدف در حالت ترکیب رقابت با رفتار مشتری و



شکل ۵. تأثیر در نظرگرفتن رفتار بر سود پیرو در قیمت‌گذاری رقابتی.

با مقادیری که با بهینه کردن توابع بدون در نظرگرفتن رفتار مشتری به دست آمده، مقایسه شده است. چنان که در نمودارها مشخص است، در حالت هاشورخورده مقدار درآمد رهبر و پیرو با ترکیب رقابت و رفتار مشتری محاسبه شده است؛ اما در حالت رنگی مقادیر درآمد رهبر و پیرو تنها با مفروضات رقابتی محاسبه شده است. با توجه به مقادیر محاسبه شده، سود خرده‌فروشان با در نظرگرفتن «رفتار مشتری»، بهبود چشم‌گیری خواهد داشت و افت درآمد برای رهبر مشاهده می‌شود.

اما این کاهش درآمد به‌معنای ضرر نهایی رهبر نخواهد بود، چرا که سود کل سیستم افزایش می‌یابد و می‌توان با عقد قرارداد و تغییر به حالت همکارانه و تبادل اطلاعات میان عمده‌فروش و خرده‌فروشان، درآمد رهبر را بهبود بخشید.

۵. نتیجه‌گیری

در این نوشتار، هدف بررسی اثر رقابت بین اعضاء یک سیستم خرده‌فروشی با در نظر گرفتن رفتار و مطلوبیت مشتری بوده است. در این راستا یک سیستم خرده‌فروشی متشکل از یک عمده‌فروش و دو خرده‌فروش در نظرگرفته شد که میان عمده‌فروش و خرده‌فروشان و همچنین میان خرده‌فروشان رقابت وجود دارد. برای مدل‌سازی مسئله از دو سناریو استفاده شده است: الف) غیر تبعیض‌آمیز، که در آن هریک از اجزای زنجیره به دنبال بیشینه‌سازی سود خود هستند و خرده‌فروشان به مشتریان قیمت یکسان ارائه می‌دهند؛ ب) تبعیض‌آمیز که در آن خرده‌فروشان محصولات دریافتی از عمده‌فروش را به مشتری می‌رسانند و در پی بیشینه‌سازی سود هستند. در این مقاله، قیمت بهینه‌ی عمده‌فروشی و خرده‌فروشی و در نهایت مقادیر بهینه‌ی حجم محصول ارسالی از مرکز عمده‌فروشی به مراکز خرده‌فروشی و همچنین از مراکز خرده‌فروشی به مشتریان از طریق مدل پیشنهادی به دست می‌آید. مدل پیشنهادی اهداف بیشینه‌سازی سود و بیشینه‌سازی مطلوبیت مشتریان را در محیط رقابتی در نظر گرفته و مسئله‌ی رفتار مشتری را از طریق فرایند قیمت‌گذاری تبعیض‌آمیز و تابع مطلوبیت در مدل اعمال کرده و سپس مقادیر تعادلی رقابتی را از طریق برنامه‌ریزی دوسطحی و مدل استکلبرگ معین می‌کند. برای حل مدل پیشنهادی از روش کاروش کاهن تاکر برای یکپارچه‌سازی مدل دوسطحی استفاده شده و در نهایت با خطی‌سازی مدل یکپارچه مسئله در محیط نرم‌افزار گمز کدنویسی و مقادیر تعادلات به دست آمده است.

با حل مسئله و بررسی نتایج به دست آمده از مثال عددی به کار گرفته شده می‌توان دریافت که هریک از فاکتورهای قیمت و فاصله‌ی جغرافیایی مشتری از خرده‌فروش تأثیر به‌سزایی در میزان تقاضای محصول در بازار مورد نظر دارد و مشتریان بر اساس مقایسه میان فاکتورهای فوق به انتخاب پرداخته و جذب می‌شوند. بنابراین کنترل مناسب روی فاکتورهای مورد نظر از اهمیت بسیاری برخوردار است. با بررسی هر دو سناریوی ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که در حالت تبعیض‌آمیز در مقایسه با سناریوی غیر تبعیض‌آمیز مقادیر قیمت خرده‌فروشی کم‌تر است و اعضا درآمد کم‌تری دریافت می‌کنند. در چنین شرایطی مدیران باید در نظر داشته باشند که علی‌رغم کاهش قیمت، افزایش حجم فروش و نیز سطح رضایت و مطلوبیت مشتریان منجر به افزایش سودآوری و کیفیت ادراک شده از طریق مشتریان در طولانی مدت خواهد شد. در حالی که در سناریوی غیر تبعیض‌آمیز می‌توانند به صورت هم‌زمان با ارائه‌ی قیمت بالاتر سود بیشتری دریافت کنند. اما با توجه به شرایط رقابتی در بازار، این سود بالاتر متضمن بقای سیستم نبوده و لازم است تمهیدات مدیریتی در جهت جلب رضایت و افزایش مطلوبیت مشتری انجام شود تا ملاحظات رقابتی هم به درستی اعمال شود. حال آن که حالت تبعیض‌آمیز به علت بالاتر بودن شدت رقابت نفع بیشتری برای مشتریان به همراه دارد اما ریسک از دست دادن مشتری به وسیله‌ی تغییرات کوچک در قیمت و زمان تحویل رقبا نیز وجود دارد. بنابراین مدیران نیز می‌توانند با در نظر داشتن فاکتورهای تأثیرگذار، سیاست‌های مناسبی را در جهت نیل به اهداف اتخاذ کنند.

علاوه بر موارد اشاره شده سیاست‌های تبلیغات، مسئله‌ی انتخاب مسیر و نیز در نظرگرفتن فاکتورهای دیگر در مطلوبیت مشتریان می‌تواند مدل پیشنهادی را به شرایط واقعی نزدیک‌تر ساخته و کاربرد وسیع‌تری داشته باشد. با توجه به این که تمرکز پژوهش حاضر در اعمال رفتار مشتریان به سطح خرده‌فروشی محدود شده، در پژوهش‌های آتی می‌توان نحوه‌ی تعامل مراکز عمده‌فروشی با شرکت‌ها و مراکز تأمین و مدل‌سازی رفتار ایشان را بررسی و نتایج متمایزی به دست آورد. از دیگر پیشنهاداتی که برای توسعه‌ی تحقیق می‌توان ارائه داد استفاده از سیاست‌های مختلف تخفیف‌دهی و در نظرگرفتن هزینه‌های کمبود در حالت پس‌افت و فروش از دست رفته است.

منابع (References)

1. Pun, H., Chen, J., DeYong, G. and et al. “Special issue on ‘New consideration of pricing in supply chains’ ”, Taylor & Francis (2019).
2. Ziari, M., Ghomi-Avili, M., Pishvaee, M.S. and et al. “A review on competitive pricing in supply chain management problems: models, classification, and applications”, International Transactions in Operational Research (2021).
3. Liu, X., Lin, K., Wang, L. and et al. “Pricing decisions for a sustainable supply chain in the presence of poten-

tial strategic customers", *Sustainability*, **12**(4) p. 1655 (2020).

4. McGuire, T.W. and Staelin, R. "An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration", *Marketing Science*, **2**(2), pp. 161-191 (1983).
5. Ghomi-Avili, M., Naeini, S.G.J., Tavakkoli-Moghaddam, R. and et al. "A fuzzy pricing model for a green competitive closed-loop supply chain network design in the presence of disruptions", *Journal of Cleaner Production*, **188**, pp. 425-442 (2018).
6. Choi, S.C. "Price competition in a channel structure with a common retailer", *Marketing Science*, **10**(4), pp. 271-296 (1991).
7. Boyaci, T. and Gallego, G. "Supply chain coordination in a market with customer service competition", *Production and Operations Management*, **13**(1), pp. 3-22 (2004).
8. Xiao, T. and Yang, D. "Price and service competition of supply chains with risk-averse retailers under demand uncertainty", *International Journal of Production Economics*, **114**(1), pp. 187-200 (2008).
9. Wu, C. and Mallik, S. "Cross sales in supply chains: an equilibrium analysis", *International Journal of Production Economics*, **126**(2), pp. 158-167 (2010).
10. Zhou, Y.-W. and Cao, Z.-H. "Equilibrium structures of two supply chains with price and displayed-quantity competition", *Journal of the Operational Research Society*, **65**(10), pp. 1544-1554 (2013).
11. Fang, Y. and Shou, B. "Managing supply uncertainty under supply chain Cournot competition", *European Journal of Operational Research*, **243**(1), pp. 156-176 (2015).
12. Mahmoodi, A. and Eshghi, K. "Price competition in duopoly supply chains with stochastic demand", *Journal of Manufacturing Systems*, **33**(4), pp. 604-612 (2014).
13. Fallah, H., Eskandari, H. and Pishvaee, M.S. "Competitive closed-loop supply chain network design under uncertainty", *Journal of Manufacturing Systems*, **37**, pp.649-661 (2015).
14. De Nijs, R. "Behavior-based price discrimination and customer information sharing", *International Journal of Industrial Organization*, **50**, pp. 319-334 (2017).
15. Cui, W. and Li, L. "A game-theoretic approach to optimize the Time-of-Use pricing considering customer behaviors", *International Journal of Production Economics*, **201** pp. 75-88 (2018).
16. Esteves, R.-B. and Cerqueira, S. "Behavior-based pricing under imperfectly informed consumers", *Information Economics and Policy*, **40**, pp. 60-70 (2017).
17. Pishvaee, M.S., Razmi, J. and Torabi, S.A. "Robust possibilistic programming for socially responsible supply chain network design: a new approach", *Fuzzy Sets and Systems*, **206**, pp. 1-20 (2012).
18. De Nijs, R. and Rhodes, A. "Behavior-based pricing with experience goods", *Economics Letters*, **118**(1), pp. 155-158 (2013).
19. Shen, Q. and Miguel Villas-Boas, J. "Behavior-based advertising", *Management Science*, **64**(5), pp. 2047-2064 (2017).
20. Choe, C., King, S. and Matsushima, N. "Pricing with cookies: behavior-based price discrimination and spatial competition", Management Science, (2017).
21. Ziari, M. and Sajadieh, M.S. "A Behavior-based pricing model in retail systems considering vertical and horizontal competition", *Computers & Industrial Engineering*, **152**, p. 107054 (2021).
22. Esteves, R.-B. and Reggiani, C. "Elasticity of demand and behaviour-based price discrimination", *International Journal of Industrial Organization*, **32**, pp. 46-56 (2014).
23. Candler, W. and Townsley, R. "A linear two-level programming problem", *Computers & Operations Research*, **9**(1), pp. 59-76 (1982).
24. Bialas, W. and Karwan, M. "Multilevel linear programming", State University of New York at Buffalo (1978).
25. Bard, J.F. "An efficient point algorithm for a linear two-stage optimization problem", *Operations Research*, **31**(4), pp. 670-684 (1983).
26. Bard, J.F. "An investigation of the linear three level programming problem", *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions On*, (5), pp. 711-717 (1984).
27. Bialas, W., Karwan, M. and Shaw, J. "A parametric complementary pivot approach for two-level linear programming", State University of New York at Buffalo, (**57** (1980).
28. Chen, Y. and Florian, M. "On the geometric structure of linear bilevel programs: a dual approach", Center De Recherche Sur Les Transports Publication, **867** (1992).
29. Papavassilopoulos, G. "Algorithms for static stackelberg games with linear costs and polyhedra constraints", *In 1982 21st IEEE Conference on Decision and Control* (1982).
30. Gao, Z., Wu, J. and Sun, H. "Solution algorithm for the bi-level discrete network design problem", *Transportation Research Part B: Methodological*, **39**(6), pp. 479-495 (2005).
31. Tuy, H., Migdalas, A. and Värbrand, P. "A global optimization approach for the linear two-level program", *Journal of Global Optimization*, **3**(1), pp. 1-23 (1993).
32. Shi, C., Lu, J., Zhang, G. and et al. "An extended branch and bound algorithm for linear bilevel programming", *Applied Mathematics and Computation*, **180**(2), pp. 529-537 (2006).
33. Hansen, P., Jaumard, B. and Savard, G. "New branch-and-bound rules for linear bilevel programming", *SIAM Journal on scientific and Statistical Computing*, **13**(5), pp. 1194-1217 (1992).
34. Allende, G.B. and Still, G. "Solving bilevel programs with the KKT-approach", *Mathematical Programming*, **138**(1-2), pp. 309-332 (2013).
35. Grossmann, I.E. and Floudas, C.A. "Active constraint strategy for flexibility analysis in chemical processes", *Computers & Chemical Engineering*, **11**(6), pp. 675-693 (1987).
36. Ali, S.M., Rahman, M.H., Tumpa, T.J. and et al. "Examining price and service competition among retailers in a supply chain under potential demand disruption", *Journal of Retailing and Consumer Services*, **40**, pp. 40-47 (2018).