نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید
IERPS

نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

سال ششم، شماره دوازدهم، بهار و تابستان ۱۳۹۷، صفحه ۳۳-۴۷
www.ier.basu.ac.ir

ISSN: 2345-2269

DOI: 10.22084/ier.2018.12640.1574

چابکی در زنجیره تأمین رقابتی با در نظر گرفتن رفتار مشتریان استراتژیک

محمد کاویانی چراتی[۱]، سید حسن قدسی‌پور[۲]، جعفر قیدر خلجانی[۳،*]

۱. کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
۲. استاد گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
۳. استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۱۳۹۵/۱۰/۲۶
پذیرش ۱۳۹۷/۰۱/۲۶

کلمات کلیدی:
زنجیره تأمین رقابتی
پاسخ‌دهی سریع
تولیدکننده چابک
استکلبرگ دو-سطحی

خلاصه

امروزه توسعه فناوری و توجه به نوآوری باعث شده است ذائقه‌ی بازار به‌ویژه بازار مُد و پوشاک دستخوش تغییرات مداوم شود. در چنین بازارهایی خرده‌فروشان و تولیدکنندگان چابکی و انعطاف‌پذیری را به عنوان یکی از راهبردها در زنجیره تأمین خود مد نظر قرار داده‌اند. در این مقاله ابتدا یک مدل استکلبرگ دو-سطحی شامل خرده‌فروش و تولیدکننده که به‌صورت سنتی بر سر مقدار کالا و قیمت فروش آن باهم رقابت دارند ارائه شده است. سپس مدل دیگری با اضافه نمودن برخی از ویژگی‌های چابکی به مدل اول توسعه داده‌شده است. در این مدل علاوه بر در نظر گرفتن رقابت بین اعضای زنجیره تأمین، تأثیر رفتار مشتریان بر تصمیمات اعضای زنجیره تأمین نیز لحاظ شده است. هدف این مقاله ارائه راهکاری مناسب برای تعیین مقدار سفارش، مقدار تولید و قیمت با در نظر گرفتن شرایط رقابت، نیاز بازار و رفتار مشتریان برای حداکثر کردن سود تولیدکننده و خرده‌فروش و همچنین کاهش مقدار حراج می‌باشد. مدل استکلبرگ دو-سطحی ارائه‌شده ابتدا با رویکرد کاهن-تاکر تک-سطحی شده و کارایی مدل با یک مثال عددی بررسی و تحلیل شده است. نتایج مدل دوم نشان می‌دهد که خرده‌فروش و تولیدکننده با به‌کارگیری پاسخ‌دهی سریع و چابکی می‌توانند قیمت فروش را افزایش و مقدار حراج کالا در انتهای فصل فروش را کاهش دهند که در نهایت موجب افزایش سود هر دو عضو زنجیره تأمین شده است.

۱- مقدمه

گسترش ابزارهایی مانند اینترنت و به تبع آن دسترسی آسان به مشخصات محصولات و اختصاصی کردن امکان سفارش محصول مبتنی بر نیاز توسط مشتریان، باعث شده است تا حجم تقاضای هر محصول کم شده و در عوض تنوع محصولات افزایش یابد [۱]. در بازار رقابتی با ماهیت تغییرات مداوم و پیش‌بینی‌نشده، چابک بودن یعنی واکنش سریع به تغییرات بازار بر اساس نیاز مشتریان [۲].

* نویسنده مسئول: جعفر قیدر خلجانی
تلفن: ۰۲۱-۲۲۸۱۴۳۲۱؛ پست الکترونیکی: kheljani@aut.ac.ir

اولین بار چابکی در سال ۱۹۹۱ توسط موسسه ایاکوکا در دانشگاه لهای به‌عنوان پارادایم جدیدی در تولید معرفی شد [۳]. دو ویژگی مهم چابکی در تولید، انعطاف‌پذیری و پاسخ‌دهی سریع می‌باشد [۴]. در بازار پوشاک و مُد تغییرات در بازار زیاد بوده و خرده‌فروشان به دلیل همراهی با بازار معمولاً مجبور به فروش محصولات قبلی خود به صورت حراج می‌شوند. برای مدیریت چنین موقعیت‌هایی استفاده از رویکرد پاسخ‌دهی سریع به‌عنوان یک قابلیت سفارش‌دهی کالا برای خرده‌فروشان پیشنهاد شده است [۵]-[۸]. پاسخ‌دهی سریع ابتدا در سال ۱۹۸۰ در صنعت پوشاک آمریکا مطرح شد [۹]. پاسخ‌دهی سریع کاربرد فراوانی در صنعت اسباب‌بازی، کیف و کفش، پوشاک و مُد و بازارهای بی‌ثبات و ناپایدار دارد [۷]. رفتار

مشتریان می‌تواند در سیاست‌های سفارش دهی و قیمت‌گذاری این نوع کالاها تأثیرگذار باشد. در بازارهای مُد تغییرات بازار از لحاظ مقدار و نوع تقاضای محصول بسیار بالا می‌باشد، به همین دلیل معمولاً مقداری از کالا با حراج روبه‌رو خواهد شد، لذا می‌توان با تصمیم‌گیری درست و به‌کارگیری برخی ویژگی‌های چابکی درصد کالاهای مشمول حراج را کاهش و در نتیجه سود را افزایش داد.

در این مقاله مدلی بر پایه مقاله کچون و سوینی [۵] و یانگ و همکاران [۶] توسعه داده شده است. آن‌ها مدلی برای به‌کارگیری پاسخ‌دهی سریع در خرده‌فروشی ارائه داده‌اند که در آن تنها سطح خرده‌فروش در نظر گرفته شده است. در این مقاله سطح تولیدکننده نیز به مدل آن‌ها اضافه‌شده است. به‌طور خلاصه مدل‌های ارائه شده در این مقاله به‌صورت زیر توسعه داده شده است:

در مدل اول تولیدکننده و خرده‌فروش به‌صورت سنتی عمل می‌کنند و خبری از چابکی نیست. در مدل دوم، تولیدکننده دارای قابلیت چابکی می‌باشد که قادر به تأمین سفارش بر اساس نیاز بازار خواهد بود. خرده‌فروش نیز با به‌کارگیری پاسخ‌دهی سریع این قابلیت را خواهد داشت که با عکس‌العمل مناسب، تغییرات آنی در تقاضا را به‌روز کرده و در سفارش خود لحاظ نماید. رفتار مشتریان استراتژیک نیز به‌گونه‌ای است که بر تصمیمات خرده‌فروش و تولیدکننده تأثیرگذار خواهد بود. با توجه به ماهیت مسئله استکلبرگ، این مسئله با بازی استکلبرگ مدل‌سازی شده است. سپس مدل دو-سطحی استکلبرگ با شرایط کاهن-تاکر تک-سطحی شده است. در نهایت با یک مثال عددی نتایج آن بررسی شده است.

ادامه مقاله به صورت زیر بخش‌بندی شده است: در بخش مروری بر تحقیقات پیشین انجام شده است. در بخش سوم شرح و نحوه مدل‌سازی مسئله آورده شده است. در بخش چهارم روش حل، مثال عددی و نتایج حل ارائه شده و نهایتاً در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آینده مورد بحث قرار گرفته است.

۲- مرور ادبیات

در این بخش سعی شده است ادبیات مربوط به سه حوزه زنجیره تأمین رقابتی، پاسخ‌دهی سریع در خرده‌فروشی و همچنین چابکی در تولید و زنجیره تأمین ارائه شود. در سال‌های اخیر مقالات زیادی در حوزه‌ی زنجیره تأمین دو-سطحی و چند-سطحی در مجلات مختلف به چاپ رسیده‌اند. در این مقاله نویسندگان برای تعیین مسیر مناسب تحقیق سعی کرده‌اند کلید واژه‌هایی همچون زنجیره تأمین دو-سطحی، زنجیره تأمین رقابتی، رفتار مشتریان، چابکی و پاسخ‌دهی سریع، سفارش و قیمت‌گذاری، زنجیره تأمین و محصولات مُد را در عنوان، چکیده و متن مقالات معتبر فارسی و انگلیسی مورد بررسی قرار دهند.

پاسخ‌دهی سریع در محیطی که نوسانات تقاضا بالا، زمان تدارک جایگزینی طولانی و دوره عمر محصولات کوتاه باشد کاربرد فراوان دارد [۷]. یانگ و همکاران [۶] اثر پاسخ‌دهی سریع برای قیمت‌گذاری و تصمیم‌گیری موجودی در زنجیره تأمین غیرمتمرکز و متمرکز را با در نظر گرفتن تسهیم سود و با وجود مشتریان استراتژیک مورد مطالعه قرار داده‌اند. در مقاله‌ای دیگر، مدلی در بازار مُد سریع با حضور مشتریان استراتژیک برای تعیین مقدار سفارش و قیمت فروش با حداکثر کردن سود و در نظر گرفتن استراتژی‌هایی که مشتریان انتخاب می‌کنند توسعه داده شده است [۵]. کچون و سوینی [۸]، به‌کارگیری پاسخ‌دهی سریع را در خرده‌فروشی برای تعیین مقدار سفارش و قیمت و همچنین با در نظر گرفتن بازی هم‌زمان بین خرده‌فروش و مشتری مدل کرده‌اند، آن‌ها تعادل نش این بازی را به دست آورده و سپس با مثال عددی آن را تحلیل نموده‌اند. لی و همکاران [۱۰]، مسئله کاهش زمان تدارک در زنجیره تأمین دو-سطحی شامل خرده‌فروش و تولیدکننده را با در نظر گرفتن محصولات با دوره عمر کوتاه بررسی نموده‌اند. آن‌ها مدلی را برای تعیین مقدار و زمان سفارش و همچنین قیمت کلی با در نظر گرفتن ریسک اعضای زنجیره تأمین و نیز هزینه‌های اضافی برای کاهش زمان تدارک ارائه کرده‌اند و در نهایت با یک مثال عددی مدل خود را تحلیل نموده‌اند.

چوی [۱۱] ارزش پاسخ‌دهی سریع را با در نظر گرفتن عقلانیت محدود مدیران در شرکت‌های خرده‌فروشی محصولات مد مورد بررسی قرار داد. دانگ و دش [۱۲]، تأثیر مشتریان استراتژیک را روی قیمت و موجودی در یک سیستم پاسخ‌دهی سریع بررسی و همچنین افزایش بازدهی را در برخی سناریوها نشان داده‌اند.

شدت رقابت جهانی و اهمیت بالای مشتریان موجب شده است تولیدکنندگان از سیستم کارا به سمت سیستم پاسخ‌ده تغییر استراتژی بدهند و مشتریان را اولویت خود قرار دهند [۲]. چابکی در فراهم کردن محصولات مناسب در زمان مناسب نقش مهمی ایفا می‌کند [۱۳]. پاسخ‌دهی سریع در تولید به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مهم چابکی به دنبال کاهش زمان تدارک و پاسخ به نیاز مشتریان می‌باشد [۱]. شریفی و ژانگ [۱۴]، اشاره کرده‌اند که چابکی در مفهوم بنگاه‌ها دو فاکتور اصلی دارد: ۱. پاسخ‌دهی به تغییرات (پیش‌بینی‌نشده یا غیرمنتظره) با روش‌هایی از پیش تعیین شده و در زمان مشخص ۲. کشف و یافتن تغییرات و استفاده از این تغییرات به‌عنوان فرصت. همچنین آن‌ها در مقاله خودشان یک مدل مفهومی در حوزه چابکی توسعه داده‌اند که در آن پاسخ‌دهی، شایستگی، انعطاف‌پذیری و سرعت به‌عنوان ۴ فاکتور مهم چابکی ذکر شده است. گونسکاران [۱۵] استراتژی شامل قابلیت شکل‌دهی، انعطاف‌پذیری افراد، تکنولوژی شامل سرعت سخت‌افزاری، نرم‌افزار مونتاژ ماژولار، سیستم‌ها شامل اینترنت، JIT و ERP و افراد شامل دانش کارگران، نیروی کار منعطف را چهار جزء اصلی چابکی نام برده و یک مدل مفهومی ارائه داده است. مقالات دیگری نیز مانند [۲]-[۴]، [۱۳]-[۱۶] مدل‌هایی را برای چابکی ارائه داده‌اند.

رقابت در زنجیره تأمین موضوع دیگری است که در این مقاله به آن توجه شـده است. گیری و همکاران [۱۷]، یک زنجیره تأمین

دو-سطحی با یک تولیدکننده و خرده‌فروش برای تصمیم‌گیری قیمت و میزان تبلیغات بهینه، در شرایط متمرکز و غیرمتمرکز را مدل کرده‌اند. سیف باقری و همکاران [۱۸] در شرایطی مشابه، در بازار رقابتی که مشتریان نسبت به قیمت حساس هستند و با در نظر گرفتن تسهیم سود، قیمت و درجه کیفیت بهینه را به دست آورده‌اند. رن و همکاران [۱۹] یک مدل استکلبرگ با یک تولیدکننده و خرده‌فروش و با در نظر گرفتن ساخت بر اساس سفارش و قطعی بودن تقاضا ارائه داده‌اند. یئو و یو [۲۰] یک مدل دوسطحی استکلبرگ در زنجیره تأمین غیرمتمرکز را برای طراحی یک زنجیره تأمین بهینه ارائه داده‌اند. مدل دوسطحی مورد نظر با روش کان-تاکر تک سطحی شده و سپس یک مطالعه موردی را نیز بررسی کرده‌اند.

گلپورا و همکاران [۲۱] مفهوم زنجیره تأمین سبز را برای طراحی یک شرکت تولیدی ناب و چابک تحت عدم قطعیت و ریسک بکار گرفته‌اند و یک مدل دوسطحی ارائه داده‌اند. سپس با استفاده از رویکرد کان-تاکر، مدل دوسطحی را به تک سطحی تبدیل و برای سنجش کارایی مدل، آن را با یک مثال عددی با روش بهینه‌سازی استوار حل کرده‌اند.

یقین و همکاران [۲۲] یکپارچگی سفارش‌دهی، قیمت‌گذاری انقباضی و برنامه‌ریزی تولید در یک زنجیره تأمین دو-سطحی شامل یک خرده‌فروش و تولیدکننده را برای محصولات با دوره عمر کوتاه در یک محیط فازی ارائه داده‌اند. در نهایت با رویکرد برنامه‌ریزی فازی مدل مسئله را حل و نتایج آن را در یک مثال عددی نشان داده‌اند. در جدول ۱ جمع‌بندی ادبیات موضوع این بخش نشان داده شده است.

اکثر مقالاتی که در حوزه پاسخ‌دهی سریع بررسی شده‌اند، تنها سطح خرده‌فروش را در نظر گرفته‌اند و کمتر به بحث تولیدکننده پرداخته‌اند. خرده‌فروش با پاسخ‌دهی سریع به تولیدکننده‌ای نیاز دارد که بتواند خواسته‌های بازار و مشتریان را در زمان مناسب پاسخ دهد. در حوزه زنجیره تأمین دو-سطحی، توجه کمتری به ویژگی‌های چابکی علیرغم اهمیت بالای نیاز مشتریان و سفارشی‌سازی محصولات شده است. همچنین در مقالات قبلی نیاز و رفتار مشتریان نیز باهم در نظر گرفته نشده است. با توجه به موارد فوق، در این مقاله، دو مدل دو-سطحی توسعه داده شده است که مدل اول شامل یک تولیدکننده و خرده‌فروش است که به‌صورت سنتی رفتار می‌کنند و مدل دوم شامل یک تولیدکننده با قابلیت چابکی و یک خرده‌فروش با پاسخ‌دهی سریع می‌باشد. برای مدل‌سازی مسئله یک بازی ترتیبی استکلبرگ طراحی شده است که در آن تولیدکننده و خرده‌فروش با هم به رقابت می‌پردازند.

۳- شرح مسئله

یک زنجیره تأمین دو-سطحی که شامل خرده‌فروش و تولیدکننده می‌باشد را در نظر بگیرید. تولیدکننده به دنبال افزایش قیمت فروش و سود حاصل از فروش می‌باشد. از طرفی خرده‌فروش نیز به دنبال افزایش سود و کاهش کالای از مد افتاده می‌باشد، به همین دلیل رقابتی برای تعیین قیمت و مقدار کالای سفارش داده شده بین خرده‌فروش و تولیدکننده به وجود خواهد آمد. در ادامه سعی شده است مسئله در شرایط سنتی و چابک بررسی و مدل‌سازی شود.

جدول (۱): جمع‌بندی مرور ادبیات

رفتار مشتریان	قابلیت پاسخ‌دهی سریع در خرده-فروشی	متغیر تصمیم	قابلیت چابکی تولیدکننده	نوع بازی	رقابت	تعداد سطح	نویسنده و سال انتشار
استراتژیک	✓	قیمت و سفارش	×	همزمان	✓	۱	کچون و سوینی [۱]
استراتژیک	✓	قیمت و سفارش	×	ترتیبی	✓	۲	یانگ و همکاران [۶]
استراتژیک، دوربین، نزدیک‌بین	✓	قیمت و سفارش	×	همزمان	✓	۱	کچون و سوینی [۸]
-	×	قیمت، سفارش و تبلیغات	×	ترتیبی	✓	۲	اسماعیلی و همکاران [۳۲]
-	×	قیمت و سفارش	×	ترتیبی	✓	۲	سیف‌باقری و همکاران [۱۸]
-	×	قیمت	✓	ترتیبی	✓	۲	رن و همکاران [۱۹]
-	×	قیمت، سفارش و تولید	×	ترتیبی	✓	۲	مخلصیان و همکاران [۳۳]
-	×	قیمت، درصد کاهش قیمت و سفارش	×	ترتیبی	✓	۲	شاه و همکاران [۳۴]
-	×	تولید، تبلیغات و سرمایه‌گذاری	×	ترتیبی	✓	۲	سینها و همکاران [۳۵]
-	✓	سفارش	×	×	×	۲	لایر و برگن [۲۴]
-	×	زمان تدارک و قیمت عرضه	×	ترتیبی	✓	۲	فرخی و راستی برزکی [۳۸]
-	✓	سفارش	×	×	×	۲	چو و همکاران [۳۶]
استراتژیک	✓	قیمت، سفارش	✓	ترتیبی	✓	۲	این مقاله

۳-۱- مسئله اول

علیرغم اینکه بازار مد به تغییرپذیری سریع معروف است [۲۳] در سیستم‌های سنتی به دلیل طولانی بودن زمان تدارک، خرده‌فروش تنها یک‌بار و قبل از فصل فروش قادر به سفارش می‌باشد [۵]-[۸]. در مسئله اول با در نظر گرفتن رقابت و رفتار مشتریان، مقدار بهینه سفارش و نیز قیمت فروش برای خرده‌فروش تعیین می‌شود. همچنین مقدار بهینه تولید و قیمت فروش برای تولیدکننده به‌طوری‌که مقدار تابع هدف (مجموع درآمد حاصل از فروش با قیمت کامل و با قیمت حراج محصولات) حداکثر شود، تعیین می‌شود. تولیدکننده بر اساس ماهیت مسئله و با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود ابتدا در مورد قیمت و مقدار تولید تصمیم می‌گیرد و سپس خرده‌فروش با مشاهده تصمیمات رهبر بهترین استراتژی‌های خود را ارائه می‌دهد.

فرضیاتی که برای این مسئله در نظر گرفته شده عبارت‌اند از:

- ✓ خرده‌فروش دارای ظرفیت محدود بوده و مقدار سفارش آن نمی‌تواند از حد مشخصی بیشتر شود.
- ✓ تولیدکننده رهبر و خرده‌فروش پیرو بازی استکلبرگ در نظر گرفته شده‌اند.
- ✓ رفتار مشتریان استراتژیک بر تصمیمات بازیکن‌ها تأثیرگذار می‌باشد.
- ✓ قیمت کامل و درصد کاهش قیمت در حراج برای خرده‌فروش در نظر گرفته شده است.
- ✓ در طول فصل فروش کاهش قیمت تنها یک‌بار صورت گرفته و تمامی محصولات باقی‌مانده در انتهای فصل فروش با قیمت کاهش‌یافته حراج می‌شوند.
- ✓ رفتار خرده‌فروش و تولیدکننده عقلایی بوده و هیچ‌گاه قیمت کامل اول فصل فروش را کمتر از هزینه‌ی تمام شده کالا ارائه نخواهند داد.
- ✓ خرده‌فروش محدودیت بودجه نیز دارد.
- ✓ مشتریان همگن بوده و کمبود مجاز نیست.

۳-۱-۱- مدلسازی ریاضی

پارامترها تعریف نمادها

C	هزینه تولید هر واحد محصول برای تولیدکننده
S	قیمت حراج هر واحد محصول برای تولیدکننده
cap	ظرفیت تولیدی تولیدکننده
α	پورسانت فروش برای خرده‌فروش
v	ارزش کالا نزد مشتری
δ	ضریب کاهشی در قیمت هر واحد محصول خرده‌فروش
D	تقاضا مشتریان برای خرده‌فروش
γ	کاهش ارزش محصول نزد مشتری در طول زمان
β	محدودیت بودجه برای خرده‌فروش
W	ظرفیت سفارش برای خرده‌فروش

متغیرها

P_l	قیمت تولیدکننده
Q_l	مقدار تولید برای تولیدکننده
P_f	قیمت خرده‌فروش
Q_f	مقدار سفارش برای خرده‌فروش

مدل‌سازی زیر با توجه به مقالات [۵] و [۶] توسعه داده شده است:

$$\text{Max } \pi_l(Q_l,P_l)=(P_l-C).Q_f+(S-C).(Q_l-Q_f)^+ \quad (۱)$$

S.t:

$$Q_l \le cap \quad (۲)$$

$$Q_l \ge Q_f \quad (۳)$$

$$\text{Max } (Q_f,P_f)=(P_f-P_l).D+(\delta P_f-P_l).(Q_f-D) \quad (۴)$$

S.t:

$$(1+\alpha)P_l \le P_f \quad (۵)$$

$$P_f \le \frac{V(1-\gamma)}{1-\delta} \quad (۶)$$

$$Q_f \le w \quad (۷)$$

$$Q_f \ge D \quad (۸)$$

$$P_l.Q_f \le \beta \quad (۹)$$

$$Q_l,P_l,Q_f,P_f \ge 0 \quad (۱۰)$$

در مدل برنامه‌ریزی ریاضی فرض شده است رهبر و پیرو تقاضای بازار را برای محصول خودشان تأمین می‌کنند. محدودیت شماره (۱) تابع هدف رهبر را نشان می‌دهد که شامل دو بخش قیمت کامل و قیمت حراج می‌باشد، مقدار کالای فروخته شده در ابتدای فصل با قیمت کامل و باقی‌مانده آن که سفارش با قیمت کامل نداشته باشد، با قیمت حراج نشان داده شده است؛ بنابراین رهبر به دنبال انتخاب استراتژی تولید و قیمت بهینه برای افزایش سود در این بازی می‌باشد. محدودیت (۲) تضمین می‌کند که مقدار تولید از ظرفیت تولیدکننده بیشتر نخواهد شد، این محدودیت نشان می‌دهد که رهبر نمی‌تواند به هر اندازه‌ی که می‌خواهد تولید نماید. محدودیت (۳) تضمین می‌کند که تولیدکننده سفارش مشتری را ارضا می‌کند. محدودیت (۴) تابع هدف پیرو را نشان می‌دهد که از دو بخش فروش کالا به قیمت کامل و حراج تشکیل شده است، در این مقاله قیمت حراج کالا با قیمت کاهش یافته نشان داده شده است. محدودیت (۵) نشان‌دهنده این است که قیمت اعلام شده توسط رهبر نمی‌تواند از قیمت پیرو بیشتر شود، بنابراین اگر قیمت تولیدکننده بالاتر از قیمت خرده‌فروش باشد، خرده‌فروش خریدی از تولیدکننده نخواهد داشت. محدودیت (۶) این اطمینان را می‌دهد که قیمت پیرو نمی‌تواند از مقدار مشخصی بیشتر شود، در غیر این صورت مشتری خریدی انجام نخواهد داد. محدودیت (۷) نیز ظرفیت خرده‌فروش برای سفارش را مشخص می‌کند. محدودیت

(۸) اطمینان می‌دهد که تمام تقاضا پاسخ داده خواهد شد، به عبارت دیگر کمبود مجاز نیست. محدودیت (۹) نشان می‌دهد که کل هزینه‌های پرداختی برای سفارش کالا از یک حد مشخصی بیشتر نخواهد شد و محدودیت شماره (۱۰) بیانگر مثبت بودن متغیرهاست.

۳-۲- مسئله دوم

سیستم‌های جدید برای کاهش سطح موجودی و پاسخ سریع به نیاز و تقاضای مشتریان به پاسخ‌دهی سریع به‌عنوان یک استراتژی روی آورده‌اند. پاسخ‌دهی سریع با کاهش زمان تدارک سعی در کاهش سطح موجودی و پیش‌بینی درست از تقاضای مشتریان دارد [۵]-[۸]، [۲۴]. تولیدکننده چابک در بازار متغیر و ناپایدار می‌تواند تغییر در تقاضا و نیاز مشتریان را در زمان مناسب پاسخ دهد [۱]-[۴]، [۱۳]-[۱۶]. در مسئله دوم یک مدل دو-سطحی با حضور مشتریان استراتژیک ارائه شده است که در آن خرده‌فروش دارای ویژگی پاسخ‌دهی سریع است و تولیدکننده دارای ویژگی چابکی بوده و به دنبال تعیین قیمت، مقدار سفارش و مقدار بهینه تولید می‌باشد، این مقادیر باید به‌گونه‌ای تعیین شود که تابع هدف بازیگران حداکثر شود. فرض شده است که خرده‌فروش می‌تواند دو بار در طول فصل فروش، یک‌بار قبل از شروع فصل و یک‌بار نیز با به‌روز کردن تقاضا بعد از شروع فصل سفارش دهد. این مسئله با یک مدل دو-سطحی استکلبرگ مدل‌سازی شده است که در آن تولیدکننده به‌عنوان رهبر و خرده‌فروش به‌عنوان پیرو می‌باشند. البته خرده‌فروش به دلیل استفاده از رویکرد پاسخ‌دهی سریع هزینه اضافی می‌پردازد.

علاوه بر فرضیات مسئله اول برای این مسئله، فرضیات زیر نیز اضافه خواهد شد:

- ✓ در طول فصل فروش دو بار تقاضا برای محصولات مطرح می‌شود و نوع تقاضا نیز یکسان نخواهد بود.
- ✓ در طول فصل فروش یک‌بار نیاز بازار و مشتریان تغییر می‌کند که با محصولات ۱ و ۲ شناخته می‌شود.
- ✓ میزان نوآوری و تغییرات در محصول مشخص می‌باشد.
- ✓ مقدار هزینه اضافه‌شده تولید محصول دوم که بر اساس نیاز مشتریان تهیه می‌شود، معلوم است.

مقدار ارزش اضافه‌شده در محصول دوم که بر اساس تغییر بازار و نیاز مشتریان ارائه شده است، قطعی فرض می‌شود.

۳-۲-۱- مدل‌سازی ریاضی

پارامترها	تعریف نمادها
C	هزینه تولید هر واحد کالا برای تولیدکننده
S_1, S_2	قیمت حراج محصول نوع ۱ و ۲ برای تولیدکننده
cap_1, cap_2	ظرفیت تولیدی محصول نوع ۱ و ۲ برای تولیدکننده
D_1, D_2	تقاضای محصول نوع ۱ و ۲ برای خرده‌فروش
α	پورسانت فروش برای خرده‌فروش
δ_1, δ_2	ضریب کاهش قیمت محصول نوع ۱ و ۲ برای خرده‌فروش در طول زمان
γ_1, γ_1	ضریب کاهشی در ارزش محصول نوع ۱ و ۲ نزد مشتریان در طول زمان
C_Q	هزینه پاسخ‌دهی سریع برای خرده‌فروش
v	ارزش کالا نزد مشتریان
m	مقدار اضافه‌شده به ارزش محصول دوم نزد مشتریان
n	میزان هزینه چابکی اضافه‌شده به هزینه تولید محصول دوم
w_1, w_2	ظرفیت سفارش محصول اول و دوم برای خرده‌فروش
b_1, b_2	حداکثر بودجه خرده‌فروش برای محصول اول و دوم
متغیرها	
Q_{l1}, Q_{l2}	مقدار تولید محصول اول و دوم برای تولیدکننده
P_{l1}, P_{l2}	قیمت محصول اول و دوم برای تولیدکننده
Q_{f1}, Q_{f2}	مقدار سفارش محصول اول و دوم برای خرده‌فروش
P_{f1}, P_{f2}	قیمت محصول اول و دوم برای خرده‌فروش

با توجه به پارامترهای فوق سعی شده است مدلی توسعه داده شود که سود اعضای زنجیره تأمین افزایش یابد و مقدار کالای از مد افتاده نیز کاهش یابد. در این مدل خرده‌فروش با قبول هزینه اضافه C_Q این قابلیت را دارد که یک‌بار قبل از شروع فصل فروش و یک‌بار نیز با شروع فصل فروش (با جمع‌آوری اطلاعات در مورد نیاز و تقاضای جدید مشتریان)، سفارش دهد. تولیدکننده چابک نیز با هزینه اضافی n قادر خواهد بود تقاضای جدید (متعارف و غیرمتعارف) رسیده از طرف خرده‌فروش را در زمان مناسب پاسخ دهد.

$$\text{Max} \quad \pi_l(Q_{l1}, P_{l1}, Q_{l2}, P_{l2}) = (P_{l1} - C).Q_{f1} + (P_{l2} - (C+n)).Q_{f2} + (S_1 - C).\left(Q_{l1} - Q_{f1}\right)^+ + (S_2 - (C+n)).\left(Q_{l2} - Q_{f2}\right)^+ \quad (۱۹)$$

S.t:

$$Q_{l1} \le cap_1 \quad (۲۰)$$

$$Q_{l2} \le cap_2 \quad (۲۱)$$

$$Q_{l1} \ge Q_{f1} \quad (۲۲)$$

$$Q_{l2} \ge Q_{f2} \quad (۲۳)$$

$$\text{Max} \quad \pi_f(Q_{f1}, P_{f1}, Q_{f2}, P_{f2}) = (P_{f1} - P_{l1}).D_1 + (P_{f2} - P_{l2}).D_2 + (\delta_1 P_{f1} - P_{l1}).\left(Q_{f1} - D_1\right) + (\delta_2 P_{f2} - P_{l2}).\left(Q_{f2} - D_2\right) - C_Q\, Q_{f2} \quad (۲۴)$$

S.t:

$$(1+\alpha)P_{l1} \le P_{f1} \quad (۲۵)$$

$$(1+\alpha)P_{l2} \le P_{f2} \quad (۲۶)$$

$$P_{f1} \le \frac{v(1-\gamma_1)}{1-\delta_1} \quad (۲۷)$$

$$P_{f2} \le \frac{(v+m)(1-\gamma_2)}{1-\delta_2} \quad (۲۸)$$

$$Q_{f1} \le \omega_1 \quad (۲۹)$$

$$Q_{f1} \ge D_1 \quad (۳۰)$$

$$P_{l1}.Q_{f1} \le \beta_1 \quad (۳۱)$$

$$Q_{f2} \le \omega_2 \quad (۳۲)$$

$$Q_{f2} \ge D_2 \quad (۳۳)$$

$$P_{l2}.Q_{f2} \le \beta_2 \quad (۳۴)$$

$$Q_{l1}, P_{l1}, Q_{l2}, P_{l2}, Q_{f1}, P_{f1}, Q_{f2}, P_{f2} \ge 0 \quad (۳۵)$$

مدل به دنبال قیمت و مقدار سفارش و تولید بهینه برای خرده‌فروش و تولیدکننده می‌باشد. محدودیت شماره (۱۹) تابع هدف رهبر/ تولیدکننده می‌باشد که شامل چهار بخش قیمت فروش کالا با قیمت کامل برای سفارش‌های اول فصل و قیمت حراج برای مقدار کالای باقی‌مانده برای دو محصول را نشان می‌دهد، همچنین n به عنوان هزینه‌ی پاسخ‌دهی به نیاز جدید مشتریان در تقاضای جدید می‌باشد. محدودیت‌های (۲۰ و ۲۱) این اطمینان را می‌دهد که مقدار تولید محصول نوع ۱ و ۲ نمی‌تواند از ظرفیت تولید آن بیشتر شود، یعنی تولیدکننده نمی‌تواند با ظرفیت دلخواه خود تولید نماید. محدودیت (۲۳) تضمین می‌کند که تولیدکننده مقدار سفارش خرده‌فروش را تأمین می‌کند. رابطه (۲۴) تابع هدف خرده‌فروش که شامل پنج بخش تقاضای کالا با قیمت کامل، تقاضای کالا با قیمت کاهش یافته (حراج) برای دو محصول منهای هزینه‌هایی که خرده‌فروش در زمینه‌ی پاسخ‌دهی سریع انجام داده است را نشان می‌دهد. محدودیت‌های (۲۵ و ۲۶) نشان می‌دهد که رهبر نمی‌تواند قیمت بیشتری از پیرو اعلام کند، در غیر این صورت سفارشی انجام نمی‌گیرد. محدودیت‌های (۲۷ و ۲۸) نشان می‌دهد که قیمت خرده‌فروش نیز نمی‌تواند از یک حد مشخصی بیشتر شود. هر محصول برای مشتری دارای ارزشی می‌باشد که در صورت عدم توجه خرده‌فروش به آن مشتری خریدی انجام نخواهد داد. محدودیت‌های (۳۰، ۳۱ و ۳۲) اطمینان حاصل می‌کنند که خرده‌فروش تمام تقاضای مشتریان را ارضا می‌کند، یعنی کمبود مجاز نیست. روابط (۳۳ و ۳۴) محدودیت ظرفیت سفارش و بودجه را برای پیرو مشخص می‌کند که سقفی برای بودجه و سفارش خرده‌فروش در نظر گرفته شده است. محدودیت (۳۵) بیانگر مثبت بودن متغیرهاست.

۴- روش حل

بارد [۳۷] در سال ۱۹۹۱ در مقاله‌ای نشان داد که مسائل دوسطحی خطی جزو مسائل Np-Hard به شمار می‌رود، پس می‌توان نتیجه گرفت که مدل دوسطحی این مقاله با داشتن متغیرهای غیرخطی به طریق اولی Np-Hard است. در این نوع مسائل زمان حل به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد و الگوریتم مشخصی برای حل این‌گونه مسائل ارائه نشده است. بارد برای حل مسائل دو-سطحی روش‌های مختلفی ارائه داده است. یکی از این روش‌ها تبدیل کردن مدل دو-سطحی به یک مدل تک-سطحی با روش کاهن-تاکر است که در آن مسئله بهینه‌سازی خطی است. مدل تک-سطحی فرموله شده به‌طور دقیق قابل حل می‌باشد [۲۶] و [۲۸]. هرگاه مسائل برنامه‌ریزی دو-سطحی، خطی باشد، می‌توان شرایط کاهن-تاکر را برای سطح پایین (پیرو) نوشته و سپس آن را به سطح بالا اضافه کرد؛ در نهایت مسئله دو-سطحی به یک مسئله تک سطحی تبدیل خواهد شد [۲۵]-[۳۰]. با وجود عبارت‌های غیرخطی در مدل‌های این مقاله، ابتدا باید عبارت‌های غیرخطی تبدیل به عبارت‌های خطی شوند و سپس با رویکرد کاهن-تاکر مدل تک سطحی شود.

۴-۱- خطی سازی

عبارت‌های P_lQ_f و P_fQ_f در مدل اول $Q_{f2}P_{l2}$، $Q_{f1}P_{l1}$، $Q_{f1}P_{f1}$ و $Q_{f2}P_{f2}$ در مدل دوم غیرخطی می‌باشند که با استفاده از رویکرد پیشنهاد شده در مقاله [۳۱] خطی‌سازی می‌شوند.

عبارت غیرخطی P_lQ_f در مدل اول را در نظر بگیرید، قیمت هر واحد محصول برای تولیدکننده نمی‌تواند از هزینه‌ی تولید آن محصول کمتر باشد، از طرفی حداکثر قیمتی که تولیدکننده می‌تواند ارائه دهد با توجه به ماهیت مسئله از یک مقدار مشخصی بیشتر نخواهد شد، پس حد بالا و پائین قیمت تولیدکننده در مدل اول به ترتیب برابر با $\frac{V(1-\gamma)}{(1+\alpha)(1-\delta)}$ و C می‌باشد. محدودیت مربوط به دو متغیر غیرخطی به‌صورت زیر نشان داده شده است:

$$C \le P_l \le \frac{V(1-\gamma)}{(1+\alpha)(1-\delta)} \quad (۳۶)$$

به همین ترتیب برای متغیر دوم در این عبارت خواهیم داشت:

$$0 \le Q_f \le cap \quad (۳۷)$$

حال عبارت غیرخطی فوق با یک متغیر جدید به نام y_1 و محدودیت مربوط به آن جایگزین شده است:

$$y_1 = P_l.Q_f$$

$$C \le P_l \le \frac{V(1-\gamma)}{(1+\alpha)(1-\delta)} \xrightarrow{\times Q_f} CQ_f \le P_lQ_f$$
$$\le \frac{V(1-\gamma)}{(1+\alpha)(1-\delta)}Q_f \xrightarrow{y_1=P_lQ_f} CQ_f \le y_1 \quad (۳۸)$$
$$\le \frac{V(1-\gamma)}{(1+\alpha)(1-\delta)}Q_f$$

سایر عبارت‌های غیرخطی نیز به‌صورت مشابه خطی سازی شده‌اند.

۴-۲- مدل تک سطحی

در ادامه مدل تک سطحی شده مدل‌های دوسطحی این مقاله آورده شده است.

۴-۲-۱- مدل تک سطحی اول

$$Max\pi_l(Q_l,P_l)=y_1 - C.Q_f + (S-C).(Q_l-Q_f)^+ \quad (۳۹)$$

S.t:

$$Q_l \le cap \quad (۴۰)$$

$$Q_l \ge Q_f \quad (۴۱)$$

$$C.Q_f \le y_1 \le \frac{v.(1-\gamma)}{(1+\alpha).(1-\delta)}.Q_f \quad (۴۲)$$

$$(1+\alpha).P_l \le P_f \quad (۴۳)$$
$$P_f \le \frac{v.(1-\gamma)}{1-\delta}$$
$$Q_f \le w$$
$$Q_f \ge D$$
$$y_1 \le \beta$$
$$C.(1+\alpha).Q_f \le y_2$$
$$y_2 \le \frac{v.(1-\gamma)}{(1-\delta)}.Q_f$$
$$\delta + U_4 - U_5 + U_8 = 0$$
$$(1-\delta).D_s + U_1 - U_2 + U_7 = 0$$
$$-U_3 + U_9 - C.(1+\alpha).U_4 + \frac{v.(1-\gamma)}{(1-\delta)}.U_5 + U_6 = 0$$
$$U_4.\left(C.(1+\alpha).Q_f - y_2\right) + U_5.\left(y_2 - \frac{v.(1-\gamma)}{(1-\delta)}.Q_f\right) + U_8.y_2 = 0$$
$$U_1.\left((1+\alpha).P_l - P_f\right) + U_2.\left(P_f - \frac{v.(1-\gamma)}{1-\delta}\right) + U_7.P_f = 0$$
$$U_3.\left(Q_f - w\right) + U_4.\left(C.(1+\alpha).Q_f - y_2\right) + U_5.\left(y_2 - \frac{v.(1-\gamma)}{(1-\delta)}.Q_f\right) + U_9.\left(D - Q_f\right) + U_6.Q_f = 0$$
$$y_1, y_2, U_1, \dots, U_9, Q_l, P_l, Q_f, P_f \ge 0$$

۴-۲-۲- مدل تک سطحی دوم

$$\text{Max } \pi_l(Q_{l1}, P_{l1}, Q_{l2}, P_{l2}) = y_1 - C.Q_{f1} + y_2 - (C+n).Q_{f2} + (S_1 - C).\left(Q_{l1} - Q_{f1}\right)^+ + (S_2 - (C+n)).\left(Q_{l2} - Q_{f2}\right)^+$$
S.t
$$Q_{l1} \le cap_1$$
$$Q_{l2} \le cap_2$$
$$Q_{l1} \ge Q_{f1}$$

۴-۳- ساده‌سازی مدل تک سطحی

در این مقاله با استفاده از ماهیت مدل ارائه شده و شرایط کاهن-تاکر، مدل‌های تک-سطحی شده را می‌توان به ساده‌ترین شکل ممکن معادل‌سازی نمود [۲۹]. پیوست ۱ را ببینید.

در ادامه نتایج مدل‌های فوق در یک مثال عددی بررسی و تحلیل شده است.

۵- اعتبار سنجی و مثال عددی

در این مثال به سؤالات مختلفی که در ادامه آمده است پرداخته شده است. سؤال یک: زمانی که شرایط اول برقرار باشد منافع تولیدکننده و خرده‌فروش چقدر است؟ و با تغییر پارامترهای تأثیرگذار این مقادیر چگونه تغییر می‌کند؟ سؤال دو: پاسخ‌دهی سریع چه تأثیری در عملکرد و عایدی خرده‌فروش خواهد داشت؟ سؤال سه: آنالیز هزینه اضافی برای به‌کارگیری چابکی در سطح تولیدکننده، تأثیر آن بر سود و خروجی مدل چه خواهد بود؟ آیا تنها هزینه‌های آن را افزایش خواهد داد؟ و سؤال چهار: تأثیر تغییرات پارامترهای مختلف بر عایدی تولیدکننده و خرده‌فروش چگونه خواهد بود؟

یک زنجیره تأمین دوسطحی را با یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده در نظر بگیرید، در مدل اول خرده‌فروش تنها یک‌بار و قبل از شروع فصل فروش می‌تواند سفارش داده و با توجه به زمان تدارک تحویل کالا در تولید غیر چابک، تولیدکننده قادر است تنها یک‌بار و یک نوع محصول را به خرده‌فروش تحویل دهد و قادر به پاسخ‌دهی به تغییرات بازار در طول فصل فروش نمی‌باشد، در این زنجیره تأمین هزینه تولید محصول متعارف c، هزینه حراج کالا $s=s_1$، ارزش کالا v، کاهش قیمت و ارزش کالا $\delta_1 = \delta$ و $\gamma_1 = \gamma$ می‌باشد. سایر پارامترها با توجه به شرح مسئله در قسمت ۳،۱،۱ و ۳،۲،۱ در جدول ۲ به همراه مقادیر آن‌ها نشان داده شده است.

همچنین در مدل دوم خرده‌فروش با به‌کارگیری پاسخ‌دهی سریع قادر است یک‌بار قبل از شروع فصل فروش و سپس با به‌روزرسانی تقاضا و شناخت نیاز مشتریان سفارش دوم را صادر نماید. در این مدل تولیدکننده با قبول هزینه n به ازای هر واحد محصول به‌علاوه هزینه تولید c، توانایی پاسخ به سفارش‌های جدید متعارف و غیرمتعارف در زمان مناسب را خواهد داشت. علاوه بر آن خرده‌فروش نیز با قبول هزینه‌ای به عنوان پاسخ‌دهی سریع به ازای هر واحد محصول در سفارش جدید متعارف و غیرمتعارف قادر به شناسایی نیاز و تقاضای جدید در طول فصل فروش خواهد بود. پارامترهای جدول ۲ مشابه گزارش مقاله [۵]، با اضافه نمودن پارامترهای سطح تولیدکننده آورده شده است.

$$Q_{l2} \ge Q_{f2} \quad (۶۱)$$
$$C.Q_{f1} \le y_1 \le \frac{v.(1-\gamma_1)}{(1+\alpha).(1-\delta_1)}.Q_{f1} \quad (۶۲)$$
$$(C+n).Q_{f2} \le y_2 \le \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{(1+\alpha).(1-\delta_2)}.Q_{f2} \quad (۶۳)$$
$$(1+\alpha).P_{l1} \le P_{f1} \quad (۶۴)$$
$$(1+\alpha).P_{l2} \le P_{f2} \quad (۶۵)$$
$$P_{f1} \le \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1} \quad (۶۶)$$
$$P_{f2} \le \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{1-\delta_2} \quad (۶۷)$$
$$Q_{f1} \le \omega_1 \quad (۶۸)$$
$$Q_{f1} \ge D_1 \quad (۶۹)$$
$$y_1 \le \beta_1 \quad (۷۰)$$
$$Q_{f2} \le \omega_2 \quad (۷۱)$$
$$Q_{f2} \ge D_2 \quad (۷۲)$$
$$y_2 \le \beta_2 \quad (۷۳)$$
$$(1+\alpha).C.Q_{f1} \le y_3 \quad (۷۴)$$

$$y_3 \le \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1}.Q_{f1} \quad (۷۵)$$

$$(C+n).(1+\alpha).Q_{f2} \le y_4 \quad (۷۶)$$

$$y_4 \le \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{(1-\delta_2)}.Q_{f2} \quad (۷۷)$$

$$(1-\delta_1).D_1 + U_1 - U_3 + U_{11} = 0 \quad (۷۸)$$

$$(1-\delta_2).D_2 + U_2 - U_4 + U_{12} = 0 \quad (۷۹)$$

$$\delta_1 + U_7 - U_8 + U_{13} = 0 \quad (۸۰)$$

$$\delta_2 + U_9 - U_{10} + U_{14} = 0 \quad (۸۱)$$

$$-U_5 + U_{17} - (1+\alpha).C.U_7 + \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1}.U_8 + U_{15} = 0 \quad (۸۲)$$

$$-C_Q - U_6 + U_{18} - (1+\alpha).(C+n).U_9 + \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{1-\delta_2}.U_{10} + U_{16} = 0 \quad (۸۳)$$

$$U_1.\left((1+\alpha).P_{l1} - P_{f1}\right) + U_3.\left(P_{f1} - \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1}\right) + U_{11}.P_{f1} = 0 \quad (۸۴)$$

$$U_2.\left((1+\alpha).P_{l2} - P_{f2}\right) + U_4.\left(P_{f2} - \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{1-\delta_2}\right) + U_{12}.P_{f2} = 0 \quad (۸۵)$$

$$U_7.\left((1+\alpha).C.Q_{f1} - y_3\right) + U_8.\left(y_3 - \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1}.Q_{f1}\right) + U_{13}.y_3 = 0 \quad (۸۶)$$

$$U_9.\left((C+n).(1+\alpha).Q_{f2} - y_4\right) + U_{10}\left(y_4 - \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{(1-\delta_2)}.Q_{f2}\right) + U_{14}.y_4 = 0 \quad (۸۷)$$

$$U_5.\left(Q_{f1} - w_1\right) + U_7.\left((1+\alpha).C.Q_{f1} - y_3\right) + U_8.\left(y_3 - \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1}.Q_{f1}\right) + U_{17}.\left(D_1 - Q_{f1}\right) + U_{15}.Q_{f1} = 0 \quad (۸۸)$$

$$U_6.\left(Q_{f2} - w_2\right) + U_9.\left((C+n).(1+\alpha).Q_{f2} - y_4\right) + U_{10}.\left(y_4 - \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{(1-\delta_2)}.Q_{f2}\right) + U_{18}.\left(D_2 - Q_{f2}\right) + U_{16}.Q_{f2} = 0 \quad (۸۹)$$

$$y_1, y_2, y_3, y_4, U_1, \dots, U_{18}, Q_{l1}, P_{l1}, Q_{l2}, P_{l2}, Q_{f1}, Q_{f2}, P_{f2} \ge 0 \quad (۹۰)$$

جدول (۲): مقادیر پارامترها مسئله

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
C	۳	D_1	۱۵۰
M	۲	D_2	۱۱۰
δ_1	۰/۷	β	۱۶۰۰۰۰
δ_1	۰/۷۵	β_1	۹۰۰۰۰
γ_1	۰/۷	β_2	۷۰۰۰۰
γ_2	۰/۷۲	w	۲۴۵
s_1	۰/۷ C	w_1	۱۶۰
s_2	۰/۷ C	w_2	۱۲۰
n	۰/۳۳۳ C	CAP_1	۲۰۰
v	۸	CAP_2	۱۳۰
α	۰/۲۱۳	Cap	۳۲۰
D	۲۲۰	C_Q	۰/۲۵ C

مدل‌های موردنظر با استفاده از پارامترهای جدول ۲ در نرم‌افزار GAMS ۲۴,۰,۱ حل و در ادامه نتایج حاصل از مثال عددی برای اعتبارسنجی مدل آورده شده است و در آن سعی شده است نتایج و تحلیل‌های عددی مدل‌های ریاضی این مقاله ارائه شود.

جدول ۳، مقادیر بهینه‌ی متغیرها برای مدل‌های اول و دوم را با توجه به شرایط، فرضیات و محدودیت‌های مسئله نشان می‌دهد که در آن مدل اول دارای چهار متغیر و مدل دوم نیز دارای هشت متغیر است.

جدول (۳): مقادیر متغیرها برای دو مدل

مدل اول			مدل دوم		
ن.م.	Q_f	Q_l	Q_{f1}	Q_{f2}	Q_{l1}
مقدار	۲۴۵	۲۴۵	۱۶۰	۱۲۰	۱۶۰
ن.م.	P_l	P_f	Q_{l2}	P_{f1}	P_{f2}
مقدار	۶/۵۹۵	۸	۱۲۰	۸	۱۱/۲
ن.م.	P_{l1}		P_{l2}		
مقدار	۶/۵۹۵		۹/۲۳۳		

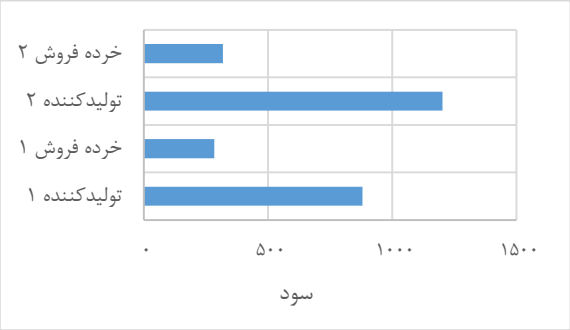
نام متغیر=ن.م.

مقادیر جدول ۳ نشان می‌دهد که در مدل اول خرده‌فروش به اندازه‌ی ۲۵ واحد کالا با حراج مواجه شده، که این مقدار در مدل دوم (در دو محصول به صورت کلی) به ۲۰ واحد کاهش می‌یابد. همچنین قیمت محصول ارائه شده دوم که با توجه به ارزش آن نزد مشتریان و سایر پارامترهای تأثیرگذار به‌دست آمده، با قیمت بالاتری ارائه شده است، که ارضای نیاز مشتریان را به دنبال خواهد داشت. در ادامه سعی شده است با تحلیل حساسیت و شکل، به‌طور مفصل بر روی مقادیر مختلف بحث شود.

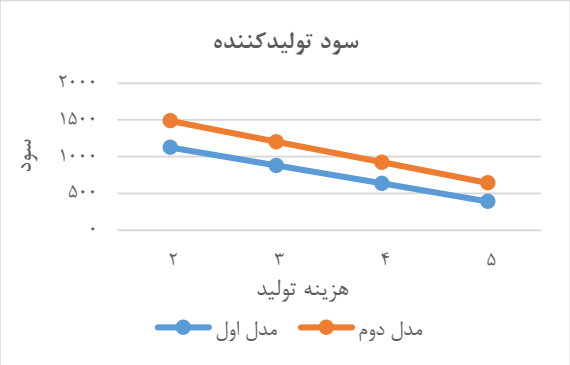
همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، سود تولیدکننده و خرده‌فروش در مدل دوم در شرایط برابر از مدل اول بیشتر شده است. در مدل دوم خرده‌فروش با توجه به قابلیت پاسخ‌دهی سریع قادر است سفارش‌ها را به‌صورت دقیق‌تر انجام داده و نیاز بازار را به‌سرعت شناسایی نموده و سفارش بر مبنای نیاز مشتریان را صادر نماید. همچنین تولیدکننده چابک قادر می‌باشد در زمان مناسب نیاز خرده‌فروشان و تقاضایشان را پاسخ داده و به همین دلیل کالای کمتری با حراج روبه‌رو خواهند شد. با توجه به میزان سود تولیدکننده و خرده‌فروش این نتایج قابل استنباط است که تولیدکننده و خرده‌فروش توانسته‌اند مشتریان بیشتری را به سمت خود جذب کرده و با توجه به اینکه نیاز مشتریان در زمان مناسب پاسخ داده خواهد شد، مشتریان در این زنجیره تأمین تمایل بیشتری را برای به دست آوردن محصولات با هزینه‌های بالاتر دارند تا بتوانند محصولاتی که بر اساس نیاز آن‌ها تولید می‌شود را خریداری نمایند.

برای سنجش کارایی مدل، نتایج با استفاده از مقادیر مختلف پارامترها به دست آمده و سپس در قالب یک شکل نشان داده شده و تحلیل خواهند شد. شکل ۲ سود تولیدکننده در مدل اول و دوم را هنگامی‌که هزینه تولید تغییر می‌کند، نشان می‌دهد. همان‌طور که

مشخص است سود تولیدکننده با افزایش هزینه تولید کاهش‌یافته و قیمت محصول از یک حد مشخصی بیشتر نخواهد شد؛ در غیر این صورت مشتریان حاضر به خرید محصول نیستند. به همین دلیل افزایش هزینه‌های تولید نمی‌تواند موجب افزایش قیمت به هر میزان دلخواهی برای تولیدکننده شود.

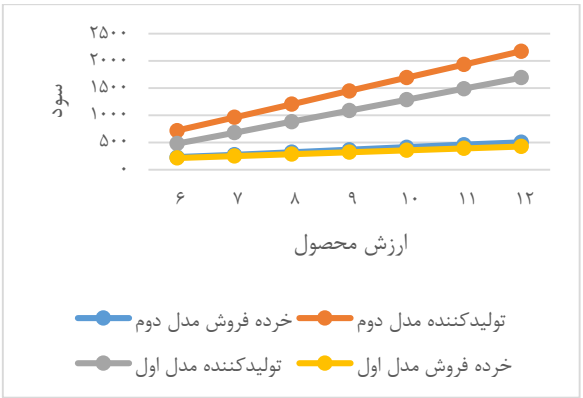


شکل (۱): تابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش در دو مدل.



شکل (۲): تابع سود تولیدکننده با تغییر هزینه تولید.

توجه داشته باشید که قیمت‌گذاری کالا با توجه به ارزش کالا نزد مشتریان و همچنین کاهش ارزش و قیمت در طول فصل فروش به صورتی انجام شده است که مشتریان را مجاب به خرید در اول فصل نماید. با توجه به اینکه در دو مدل ارائه شده هزینه‌های اساسی تولید برابر در نظر گرفته شده است سود تولید در شکل فوق برای مدل دوم همواره بیشتر از مدل اول است.



شکل (۳): سود تولیدکننده و خرده‌فروش با تغییر ارزش محصول نزد مشتریان.

در شکل ۳ اثر تغییرات v بر روی سود تولیدکننده و خرده‌فروش در هر دو مدل بررسی شده است. هر چه v افزایش یابد، سود تولیدکننده و خرده‌فروش در مدل دوم بیشتر از مدل اول خواهد شد زیرا میزان محصولاتی که با حراج مواجه می‌شوند در مدل دوم کمتر از مدل اول بوده و افزایش v باعث افزایش قیمت و نهایتاً موجب سود بیشتری از مدل دوم خواهد شد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید اگر ارزش کالا حتی از مقدار در نظر گرفته شده برای آن در جدول ۲ نیز کمتر شود تولیدکننده و خرده‌فروش سود مدنظرشان را کسب خواهند کرد.

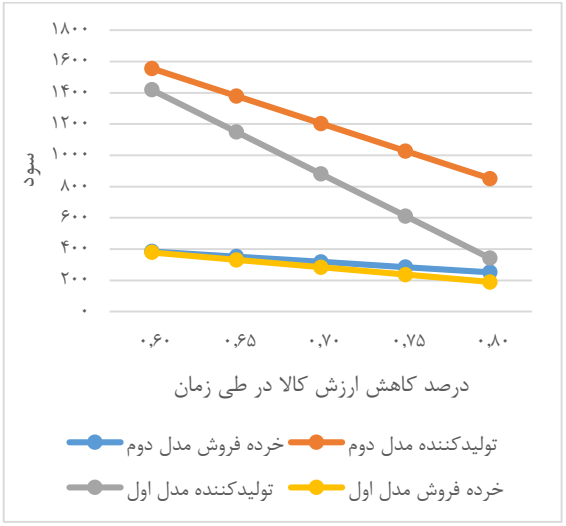
در شکل ۴ سعی شده است تا با تغییر در درصد کاهش ارزش محصولات نزد مشتریان سود خرده‌فروش و تولیدکننده بررسی شود. مدتی بعد از ورود محصولات در بازار ارزش آن‌ها نزد مشتریان کاهش خواهد یافت. در این قسمت این کاهش در مقادیر مختلف بررسی و تحلیل شده است. همان‌طور که مشخص است هر چه درصد کاهش ارزش محصولات در طی زمان بیشتر باشد سود خرده‌فروش و تولیدکننده در هر دو مدل کاهش خواهد یافت. در شکل ۴ نشان داده شده است که هر چه این درصد کاهش بیشتر شود کاهش سود خرده‌فروش و تولیدکننده در مدل اول بیشتر از مدل دوم خواهد بود. لذا احتمال کاهش درصد ارزش کالا نزد مشتریان در طی زمان برای مدل اول بیشتر از مدل دوم خواهد بود، چراکه مدل دوم با در نظر گرفتن نیاز و اهمیت دادن به مشتریان محصولاتی را بر اساس خواسته بازار تولید نموده در نهایت احتمال کاهش سود در مدل دوم کمتر از مدل اول خواهد بود.

در نظر داشته باشید که هر چه احتمال کاهش ارزش محصول نزد مشتریان بیشتر شود خرده‌فروش مجبور به ارائه قیمت پایین‌تری در ابتدای فصل فروش خواهد شد تا بتواند محصولات خود را در ابتدای فصل به فروش برساند تا حجم کمتری از محصولات با حراج مواجه شوند. با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ تولید و سفارش محصول بر اساس نیاز مشتریان باعث افزایش ارزش کالا و کاهش مقدار کالای مواجه شده با حراج خواهد شد. همان‌طور که انتظار می‌رفت کاهش و افزایش سود در مدل دوم در مواقعی که درصد کاهش ارزش کالا افزایش و همچنین ارزش کالا افزایش می‌یابد جواب بهتری از مدل اول ارائه می‌دهد که این ادعا در دو شکل نشان داده شده است.

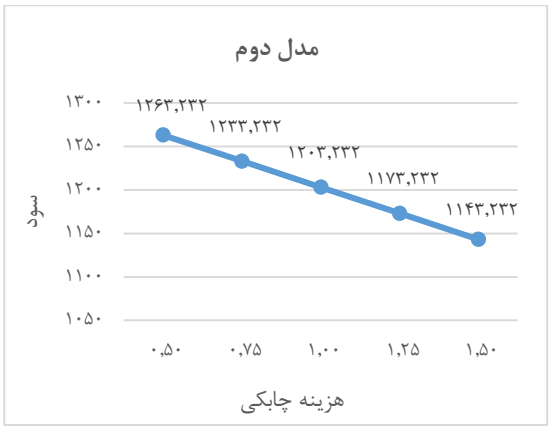
در شکل ۵ سود تولیدکننده با در نظر گرفتن افزایش هزینه چابکی نشان داده شده است. در این قسمت از مقاله به دنبال تحلیل مقادیر مختلف هزینه چابکی هستیم تا نشان دهیم که با افزایش هزینه چابکی، تولیدکننده به سود دلخواه خود دست خواهد یافت. طبیعی است که با کاهش هزینه چابکی سود تولیدکننده افزایش خواهد یافت، اما سود تولیدکننده برای مدل دوم با افزایش هزینه چابکی تا ۳/۶۵ برابر واحد (۳/۶۵ برابر واحد هزینه در نظر گرفته شده در مثال عددی) بیشتر از مدل اول خواهد بود. این در حالی است که در مدل اول سود با پارامترهای جدول ۲، ۸۸۰/۸۲۹ و در مدل دوم نیز با افزایش هزینه چابکی تا ۳/۶۵ واحد هزینه، سود

تولیدکننده به ۸۸۵/۲۳۲ رسیده است.

تولیدکننده با پذیرش هزینه‌های چابکی حتی تا ۳/۶۵ برابر واحد معمول می‌تواند شرایط مورد انتظار خود را با ارضای نیاز مشتریان تأمین نماید. در نظر گرفتن نیاز مشتریان و به‌کارگیری چابکی و پاسخ‌دهی سریع اگرچه موجب افزایش هزینه‌های تولیدکننده و خرده‌فروش خواهد شد، اما به دلیل در نظر گرفتن نیاز مشتریان موجب افزایش سود آن‌ها شده است. در ادامه تأثیر تغییرات هزینه پاسخ‌دهی سریع برای سود خرده‌فروش آورده شده است.

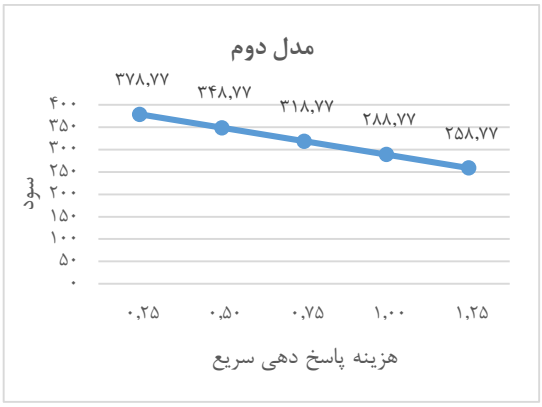


شکل (۴): تغییرات سود با تغییر درصد کاهش ارزش محصول در طی زمان.



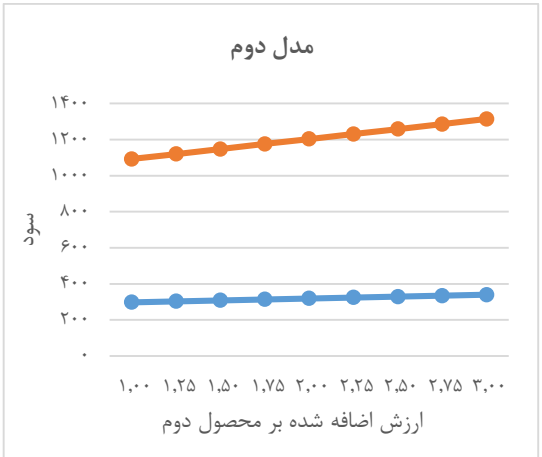
شکل (۵): سود تولیدکننده با تغییرات هزینه چابکی در مدل دوم.

شکل ۶ تغییرات هزینه پاسخ‌دهی سریع بر سود خرده‌فروش را نشان می‌دهد. خرده‌فروش برای اینکه بتواند اطلاعات دقیق‌تری از تقاضای مشتریان به دست آورد باید هزینه‌های مربوط به پاسخ‌دهی سریع را بپذیرد. این ویژگی در مقاله [۵] و [۸] و همچنین [۶] بیان‌شده است. خرده‌فروش برای داشتن این قابلیت به ازای هر واحد محصول جدیدی که سفارش می‌دهد باید هزینه‌ای مجزا از قیمت خرید محصول بپردازد که همان هزینه پاسخ‌دهی سریع می‌باشد. با توجه به شکل ۶، با قبول این مقدار هزینه در قبال داشتن قابلیت پاسخ‌دهی سریع (حتی تا یک واحد هزینه) از سوی خرده‌فروش، سود آن نسبت به مدل اول افزایش خواهد داشت. خرده‌فروش با پاسخ‌دهی سریع سعی دارد خواسته‌های بازار را شناسایی و تقاضا را در مدت کوتاه به‌روزرسانی نماید تا بتواند از حراج کالا در انتهای فصل فروش بکاهد. در این صورت خرده‌فروش محصولاتی را ارائه خواهد داد که بر اساس خواسته بازار بوده و موجب افزایش سطح رضایتمندی مشتریان می‌شود. همچنین مشتریان را تشویق به خرید محصول با قیمت کامل کرده و سود خود را نیز افزایش خواهد داد.



شکل (۶): سود خرده‌فروش با تغییر هزینه پاسخ‌دهی سریع در مدل دوم.

شکل ۷ سود خرده‌فروش و تولیدکننده را با تغییر ارزش اضافه‌شده محصول دوم نسبت به ارزش محصول اول نشان می‌دهد. اگر تولیدکننده و خرده‌فروش به‌خوبی نیاز مشتریان را بشناسند و درست برنامه‌ریزی کنند، در این صورت تولید و عرضه محصول بر اساس خواسته بازار موجب افزایش ارزش محصول نزد مشتریان خواهد شد. همان‌طور که می‌بینید، ارزش اضافه‌شده محصول دوم نسبت به ارزش محصول اول حتی اگر در پایین‌ترین حد ممکن نیز قرارگرفته باشد [۵]، باز هم سود خرده‌فروش و تولیدکننده نسبت به مدل اول بیشتر خواهد شد. بنابراین تولیدکننده و خرده‌فروش در بدترین شرایط ممکن نیز با ارضای نیاز مشتریان، به سود مدنظر خود دست خواهند یافت.



شکل (۷): سود خرده‌فروش و تولیدکننده با تغییرات ارزش اضافه‌شده بر محصول نوع دوم.

در مدل دوم دو نوع محصول در نظر گرفته شده است که محصول نوع دوم بر اساس نیاز مشتریان تولید و به بازار عرضه می‌شوند. این در حالی است که تولیدکننده و خرده‌فروش سعی دارند تا تولید و سفارش خود را با به‌روزرسانی دقیق‌تر اطلاعات مشتریان در خصوص نوع تقاضای آنان، طوری برنامه‌ریزی کنند که از حراج محصول خود در انتهای فصل فروش جلوگیری نمایند.

در این مدل به دلیل آنکه نیاز مشتریان دیده شده است و بر اساس آن محصول تولید و عرضه می‌شود شانس اینکه مشتریان محصولاتی را با حراج به دست آورند به‌شدت پائین آمده و علاوه بر این تولید محصول بر اساس خواسته بازار باعث تشویق مشتریان برای خرید محصول با قیمت کامل در ابتدای فصل شده است.

بنابراین، سود خرده‌فروش و تولیدکننده در این حالت نسبت به حالت اول افزایش خواهد داشت. همچنین با پائین آمدن شانس خرید محصول در دوره‌ی حراج، مشتریان تمایل بیشتری برای خرید کالا در ابتدای فصل فروش داشته و خرده‌فروش نیز با توجه به مدل ارائه شده می‌تواند قیمت بالاتری ارائه دهد.

قیمت‌گذاری در این مقاله با در نظر گرفتن ارزش کالا، کاهش ارزش کالا و قیمت آن انجام شده است. در مقاله [۵] قیمت‌گذاری با درصد کاهش قیمت، احتمال شانس باقی ماندن کالا در دوره حراج و ارزش کالا انجام گرفته است. تفاوت دو روش قیمت‌گذاری در این است که مشتریان استراتژیک با سنجیدن شرایط به دنبال انتخاب خریدی هستند که بتوانند بهترین حالت ممکن را برای خود به دست آورند.

با توجه به این ویژگی، قیمت‌گذاری به‌گونه‌ای انجام گرفته است که بتوان مشتریان استراتژیک را به سمت خرید در ابتدای فصل و با قیمت کامل سوق داد. با این کار هم قیمت کالا افزایش می‌یابد و هم می‌توان حراج کالا را کاهش داد، زیرا مشتریان با خرید در ابتدای فصل و با قیمت کامل و قیمت حراج عایدی یکسانی نصیبشان می‌شود. در نتیجه مشتری ترجیحش خرید کالا در ابتدای فصل فروش با قیمت کامل است (منظور از عایدی این است که هر کالا نزد مشتری دارای ارزشی بوده و با توجه به کاهش احتمالی قیمت کالا و همچنین ارزش کالا نزد مشتری، زمان خرید را طوری که عایدی بیشتری برایش به دنبال داشته باشد انتخاب خواهد کرد).

در این مقاله قیمت در حالت سنتی ۱/۵ برابر قیمت کالا در مقاله [۵] بوده است، همچنین در حالت مُد سریع که در مقاله [۵] ارائه شده است، قیمت‌ها مقایسه و بررسی شده است. قیمت محصول در حالت مُد سریع ۸/۴۳۴۹ واحد به‌دست‌آمده است که در مدل دوم این مقاله با پارامترهای برابر در محصول اول ۸ و در محصول دوم با توجه به ارائه محصول بر اساس نیاز بازار و مشتریان قیمت برابر با ۱۱/۲ واحد به‌دست‌آمده است. در نتیجه سود خرده‌فروش در این مدل افزایش بیشتری نسبت به حالت قبلی در مقاله [۵] داشته است. در جدول ۴ مقادیر مختلف قیمت برای مدل [۵] و این مقاله نشان داده شده است.

هر دو مدل قابلیت به‌روزرسانی تقاضا را دارند و خرده‌فروش می‌تواند دو بار در طول فصل فروش سفارش دهد، با این تفاوت که در مدل [۵] تقاضا یکسان در نظر گرفته شده است و نیاز مشتریان بعد از به‌روزرسانی تقاضا در نظر گرفته نشده است. البته این امر موجب شده است که قیمت به‌صورت یکسان در طول فصل فروش ارائه شود.

جدول (۴): مقادیر متغیر قیمت برای مدل [۵] و این مقاله

مدل پایه	سنتی	پیشرفته	مدل مقاله	مدل اول	مدل دوم	
ن.م.	P_T	P_F	ن.م.	P_f	P_{f1}	P_{f2}
مقدار	۵/۱۰۶۳۷	۸/۴۳۴۹	مقدار	۸	۸	۱۱/۲

در مدل این مقاله خرده‌فروش قادر به دو بار سفارش‌دهی می‌باشد که در سفارش اول قبل از شروع فصل فروش با توجه به شرایط بازار مقدار کم‌تری نسبت به مدل سنتی سفارش داده و نهایتاً بعد از شروع فصل فروش با برآورد تقاضای جدید مشتریان، سفارش دوم را بر اساس نیاز آن‌ها از تولیدکننده چابکی که قابلیت پاسخ‌دهی مناسب به خواسته‌های آن را دارد ارائه می‌دهد، بنابراین قیمت کالا در سفارش دوم افزایش می‌یابد.

تولیدکننده چابک تولیدکننده‌ای است که قادر است در زمان مناسب به تغییرات متعارف و نامتعارف بازار و مشتریانش پاسخ مناسب دهد.

۶- نتیجه‌گیری

در متن مقاله مباحث مربوط به پاسخ‌دهی سریع در خرده‌فروشی و قابلیت چابکی در تولیدکننده مورد بحث قرار گرفته است. در این مقاله دو مدل ریاضی دو-سطحی استکلبرگ با تولیدکننده و خرده‌فروش ارائه و سپس با یک مثال عددی نتایج آن مورد تحلیل قرار گرفته است.

تولیدکننده و خرده‌فروش در مدل دوم با صرف هزینه‌هایی برای به‌کارگیری چابکی، محصولاتی بر اساس خواسته بازار ارائه داده و احتمال مواجه شدن با حراج را کاهش داده‌اند. چابکی با اضافه کردن هزینه برای سطوح زنجیره تأمین موجب افزایش رضایتمندی مشتریان در صورت ارائه محصولات بر اساس خواسته آن‌ها خواهد شد و در این صورت مشتریان حاضر خواهند بود تا محصولات را با قیمت‌های بالاتری خریداری نمایند. پائین آمدن احتمال مواجه شدن با حراج و افزایش رضایتمندی مشتریان باعث شده است تا خرده‌فروش قیمت محصولات خود را بالاتر ارائه کرده و سود خود را افزایش دهد.

تأمین‌کننده‌ها نقش مهمی در یک زنجیره تأمین دارند، به‌منظور عملکرد بهتر زنجیره تأمین، نیاز است تا یک تأمین‌کننده چابک بتواند نیازهای تولیدکننده و بازار را به‌خوبی تأمین نماید. مدل‌های ارائه شده در این مقاله را می‌توان برای سه سطح تأمین‌کننده،

تولیدکننده و خرده‌فروش درصورتی‌که تأمین‌کننده قادر باشد مواد اولیه بر اساس خواسته‌های بازار را عرضه نماید، توسعه داد. همچنین مدل دوسطحی موردنظر را می‌توان با یک الگوریتم ابتکاری یا فراابتکاری حل و نتایج آن را با نتایج به دست آمده در این مقاله مقایسه نمود.

مراجع

[1] Suri, R., (2016). "It's about time: the competitive advantage of quick response manufacturing", CRC Press.

[2] Yusuf, Y.Y., Sarhadi, M., Gunasekaran, A., (1999). "Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes", International Journal of production economics, 62(1): 33-43.

[3] Dubey, R., Gunasekaran, A., (2015). "Agile manufacturing: framework and its empirical validation", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 76(9-12): 2147-2157.

[4] Gunasekaran, A., (2001). "Agile manufacturing: the 21st century competitive strategy", Elsevier, 25(1): 809-810.

[5] Cachon, G.P., Swinney, R., (2011). "The value of fast fashion: Quick response, enhanced design, and strategic consumer behavior", Management Science, 57(4): 778-795.

[6] Yang, D., Qi, E., Li, Y., (2015). "Quick response and supply chain structure with strategic consumers", Omega, 52: 1-14.

[7] Choi, T.M., Sethi, S., (2010). "Innovative quick response programs: a review", International Journal of Production Economics, 127(1): 1-12.

[8] Cachon, G.P., Swinney, R., (2009). "Purchasing, pricing, and quick response in the presence of strategic consumers", Management Science, 55(3): 497-511.

[9] Serel, D.A., (2009). "Optimal ordering and pricing in a quick response system", International journal of production economics, 121(2): 700-714.

[10] Li, Y., Ye, F., Lin, Q., (2015). "Optimal lead time policy for short life cycle products under Conditional Value-at-Risk criterion", Computers & Industrial Engineering, 88: 354-365.

[11] Choi, T.M., (2017). "Quick response in fashion supply chains with retailers having boundedly rational managers", International Transactions in Operational Research, 24(4): 891-905.

[12] Dong, J., Dash, W.U., (2017). "Two-period pricing and quick response with strategic customers", International Journal of Production Economics.

[13] Agarwal, A., Shankar, R., Tiwari, M.K., (2007). "Modeling agility of supply chain", Industrial marketing management, 36(4), 443-457.

[14] Sharifi, H., Zhang, Z., (1999). "A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: An introduction", International journal of production economics, 62(1): 7-22.

[15] Gunasekaran, A., (1999). "Agile manufacturing: a framework for research and development", International journal of production economics, 62(1): 87-105.

[16] Čiarnienė, R., Vienažindienė, M., (2014). "Agility and Responsiveness Managing Fashion Supply Chain", Procedia-Social and Behavioral Sciences, 150: 1012-1019.

[17] Giri, B.C., Bardhan, S., Maiti, T., (2015). "Coordinating a two-echelon supply chain with price and promotional effort dependent demand", International Journal of Operational Research, 23(2): 181-199.

[18] Seifbarghy, M., Nouhi, K., Mahmoudi, A., (2015). "Contract design in a supply chain considering price and quality dependent demand with customer segmentation", International Journal of Production Economics, 167: 108-118.

[19] Ren, J., Bian, Y., Xu, X., He, P., (2015). "Allocation of product-related carbon emission abatement target in a make-to-order supply chain", Computers & Industrial Engineering, 80: 181-194.

[20] Yue, D., You, F., (2017). "Stackelberg-game-based modeling and optimization for supply chain design and operations: A mixed integer bilevel programming framework", Computers & Chemical Engineering, 102: 81-95.

[21] Golpîra, H., Najafi, E., Zandieh, M., Sadi-Nezhad, S., (2017). "Robust bi-level optimization for green opportunistic supply chain network design problem against uncertainty and environmental risk", Computers & Industrial Engineering, 107: 301-312.

[22] Yaghin, R.G., Torabi, S.A., Ghomi, S.F., (2012). "Integrated markdown pricing and aggregate production planning in a two echelon supply chain: A hybrid fuzzy multiple objective approach", Applied Mathematical Modelling, 36(12): 6011-6030.

[23] Christopher, M., Lowson, R., Peck, H., (2004). "Creating agile supply chains in the fashion industry", International Journal of Retail & Distribution Management, 32(8): 367-376.

[24] Ananth, V., Mark, E., (1997). "Quick Response in Manufacturing-Retailer Channels", Management Science, 4(3): 559-570.

[25] Wen, U.P., Hsu, S.T., (1991). "Linear bi-level programming problems—a review", Journal of the Operational Research Society, 42(2): 125-133.

[26] Bard, J.F., (2013). "Practical bilevel optimization: algorithms and applications" Springer Science & Business Media, 30: 45.

[27] Zhang, G., Lu, J., Gao, Y., (2015). "Bi-level Programming Models and Algorithms" In Multi-Level Decision Making", Springer Berlin Heidelberg, 82: 47-62.

[28] Bard, J.F., Falk, J.E., (1982). "An explicit solution to the multi-level programming problem", Computers & Operations Research, 9(1): 77-100.

[29] Shi, C., Lu, J., Zhang, G., (2005). "An extended

Kuhn–Tucker approach for linear bilevel programming", Applied Mathematics and Computation, 162(1): 51-63.
[30] Allende, G.B., Still, G., (2013). "Solving bilevel programs with the KKT-approach", Mathematical programming, 138(1-2): 309-332.
[31] Vidal, C.J., Goetschalckx, M., (2001). "A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation", European Journal of Operational Research, 129(1): 134-158.
[32] Esmaeili, M., Aryanezhad, M.B., Zeephongsekul, P., (2009). "A game theory approach in seller–buyer supply chain", European Journal of Operational Research, 195(2): 442-448.
[33] Mokhlesian, M., Zegordi, S.H., (2014). "Application of multidivisional bi-level programming to coordinate pricing and inventory decisions in a multiproduct competitive supply chain", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 71(9-12): 1975-1989.
[34] Shah, N.H., Widyadana, G.A., Wee, H.M., (2014). "Stackelberg game for two-level supply chain with price markdown option", International Journal of Computer Mathematics, 91(5): 1054-1060.
[35] Sinha, A., Malo, P., Frantsev, A., Deb, K., (2014). "Finding optimal strategies in a multi-period multi-leader–follower Stackelberg game using an evolutionary algorithm", Computers & Operations Research, 41: 374-385.
[36] Chow, P.S., Choi, T.M., Cheng, T.C.E., (2012). "Impacts of minimum order quantity on a quick response supply chain", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 42(4): 868-879.
[37] Bard, J.F., (1991). "Some properties of the bilevel programming problem", Journal of optimization theory and applications, 68(2): 371-378.
[۳۸] فرخی، محمدامین؛ راستی برزکی، مرتضی، (۱۳۹۴). «قیمت-گذاری در یک زنجیره تأمین دوسطحی با در نظر گرفتن رقابت تولیدکنندگان در تصاحب بازار در سیستم تولید بر اساس سفارش با استفاده از نظریه بازی»، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۳(۶): ۲۰۷-۲۱۹.

پیوست

با توجه به ماهیت مدل‌های فوق مقدار متغیرهای مدل صفر نخواهند شد. به همین منظور می‌توان اثبات کرد که محدودیت‌های ایستا و مکمل زائد همیشه برقرار می‌باشند، در نتیجه می‌توان آن‌ها را از مدل‌های تک-سطحی شده حذف و مدل ساده‌شده را تجزیه‌وتحلیل نمود.

$P_{f1} \neq 0 \rightarrow U_{11} = 0$

اگر $U_{12}, \dots, U_{16} = 0$ به همین ترتیب سایر

$P_{f1} = UB \rightarrow y_3 = P_{f1}.Q_{f1}$

بنابراین

$y_3 - \frac{V(1-\gamma_1)}{(1-\delta_1)}$ و $(1+\alpha).C.Q_{f1} - y_3 \neq 0$.

$Q_{f1} = 0 \rightarrow \ U_7$ و $U_8 = 0 \ \rightarrow \ \delta_1 + U_7 - U_8 + U_{13} = 0 \ \rightarrow \ U_{13} = \delta_1$.

سپس تمامی محدودیت‌های ایستا و مکمل مازاد به همین شکل محاسبه شده و برقرار می‌شوند.

طبق شرایط کاهن-تاکر و مسائل و مدل‌سازی این مقاله برقراری روابط زیر بدیهی می‌باشند:

مدل اول:

$$U_5.\left(C.(1+\alpha).Q_f - y_2\right) = 0 \quad (۱-۱)$$
$$U_6.\left(y_2 - \frac{v.(1-\gamma)}{(1-\delta)}.Q_f\right) = 0 \quad (۱-۲)$$
$$U_9.y_2 = 0 \quad (۱-۳)$$
$$U_1.\left((1+\alpha).P_l - P_f\right) = 0 \quad (۱-۴)$$
$$U_2.\left(P_f - \frac{v.(1-\gamma)}{1-\delta}\right) = 0 \quad (۱-۵)$$
$$U_8.P_f = 0 \quad (۱-۶)$$
$$U_3.\left(Q_f - w\right) = 0 \quad (۱-۷)$$
$$U_5.\left(C.(1+\alpha).Q_f - y_2\right) = 0 \quad (۱-۸)$$
$$U_6.\left(y_2 - \frac{v.(1-\gamma)}{(1-\delta)}.Q_f\right) = 0 \quad (۱-۹)$$
$$U_9.\left(D - Q_f\right) = 0 \quad (۱-۱۰)$$
$$U_7.Q_f = 0 \quad (۱-۱۱)$$

مدل دوم:

$$U_1.\left((1+\alpha).P_{l1} - P_{f1}\right) = 0 \quad (۲-۱)$$
$$U_3.\left(P_{f1} - \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1}\right) = 0 \quad (۲-۲)$$
$$U_{11}.P_{f1} = 0 \quad (۲-۳)$$
$$U_2.\left((1+\alpha).P_{l2} - P_{f2}\right) = 0 \quad (۲-۴)$$
$$U_4.\left(P_{f2} - \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{1-\delta_2}\right) = 0 \quad (۲-۵)$$
$$U_{12}.P_{f2} = 0 \quad (۲-۶)$$
$$U_7.\left((1+\alpha).C.Q_{f1} - y_3\right) = 0 \quad (۲-۷)$$
$$U_8.\left(y_3 - \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1}.Q_{f1}\right) = 0 \quad (۲-۸)$$
$$U_{13}.y_3 = 0 \quad (۲-۹)$$
$$U_9.\left((C+n).(1+\alpha).Q_{f2} - y_4\right) = 0 \quad (۲-۱۰)$$
$$U_{10}.\left(y_4 - \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{(1-\delta_2)}.Q_{f2}\right) = 0 \quad (۲-۱۱)$$
$$U_{14}.y_4 = 0 \quad (۲-۱۲)$$
$$U_5.\left(Q_{f1} - w_1\right) = 0 \quad (۲-۱۳)$$
$$U_{17}.\left(D_1 - Q_{f1}\right) = 0 \quad (۲-۱۴)$$
$$U_7.\left((1+\alpha).C.Q_{f1} - y_3\right) = 0 \quad (۲-۱۵)$$
$$U_8.\left(y_3 - \frac{v.(1-\gamma_1)}{1-\delta_1}.Q_{f1}\right) = 0 \quad (۲-۱۶)$$
$$U_{15}.Q_{f1} = 0 \quad (۲-۱۷)$$
$$U_6.\left(Q_{f2} - w_2\right) = 0 \quad (۲-۱۸)$$
$$U_{18}.\left(D_2 - Q_{f2}\right) = 0 \quad (۲-۱۹)$$
$$U_9.\left((C+n).(1+\alpha).Q_{f2} - y_4\right) = 0 \quad (۲-۲۰)$$
$$U_{10}.\left(y_4 - \frac{(v+m).(1-\gamma_2)}{(1-\delta_2)}.Q_{f2}\right) = 0 \quad (۲-۲۱)$$
$$U_{16}.Q_{f2} = 0 \quad (۲-۲۲)$$

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Spring and Summer 2018, Volume 6., No. 12., pp. 33-47
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2018.12640.1574

Agility in Competitive Supply Chain Considering Strategic Customers

M. Kaviyani-Charati [1], S.H. Ghodsypour [1], J. Gheidar-Kheljani [2,*]

[1] Department of Industrial Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
[2] Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received 15 January 2017
Accepted 26 April 2018

***Keywords*:**

Competitive Supply Chain
Quick Response
Agile Manufacturing
Bi-level Stackelberg

ABSTRACT

Growths of technology and innovation have made continual changes in fashion business and costumer tastes. In situations like that, retailers and manufacturers select agility and flexibility as their main supply chain strategies. In this study, a bi-level model including the retailer and manufacturer who traditionally compete on the product quantity and price is proposed; then another model is developed by adding some characteristics of agility to first model. In the proposed model, in addition to the competition between the supply chain members, influences of the customers' behavior on the decisions of supply chain members are considered. This study is aimed at proposing efficient solutions for determining the price and quantity of ordering and production, considering the situations of competition, customers and market toward maximization of the manufacturers' and retailers' profit. The proposed bi-level model is converted to a single-level one using the Karush-Kuhn-Tucker (KKT) and the results of the model are investigated and discussed by employing in a numerical example. Results show that the retailer and manufacturer, by making proper and precise decisions, can increase their sale price. Further, by improving their decisions, they can reduce the product clearance sale at the end of the sales season, which ends in the growth of profit for both of the supply chain members.

* Corresponding author. Jafar Gheidar-Kheljani
Tel.: 021-22814321; *E-mail address: kheljani@aut.ac.ir*