نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید
IERPS
ISSN: 2345-2269

نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

سال چهارم، شماره هشتم، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۱۱۹-۱۳۱
www.ier.basu.ac.ir

هماهنگ‌سازی سیاست‌های سفارش‌دهی و تولید در مدل روزنامه‌فروش دوسطحی تحت قرارداد انعطاف مقداری

حمیدرضا ابراهیمی‌نسب[۱]، جعفر حیدری[۲،*]، عطاالله طالعی‌زاده[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران.
۲. استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۱۳۹۴/۱۱/۳
پذیرش ۱۳۹۵/۹/۳

کلمات کلیدی:
هماهنگ‌سازی زنجیره‌تامین
قرارداد زنجیره‌تامین
تصمیم‌گیری متمرکز
قرارداد انعطاف مقداری

خلاصه

در این مقاله یک زنجیره‌تامین دوسطحی با تقاضای احتمالی تحت قرارداد انعطاف مقداری مورد بررسی قرار گرفته است. تحت قرارداد انعطاف مقداری، خرده‌فروش می‌تواند مقدار سفارش خود را در حدود مشخصی اصلاح نماید. چنانچه تقاضای بازار کمتر از مقدار سفارش باشد، خرده‌فروش می‌تواند مقدار مشخصی از سفارش اولیه خود را لغو نماید و در صورتی که تقاضای بازار بیشتر باشد، سفارش ثانویه توسط خرده‌فروش قابل صدور است. در این شرایط، ریسک نامعینی تقاضا بین دو عضو زنجیره‌تامین تسهیم خواهد شد و این امکان به وجود خواهد آمد که تصمیمات اعضای زنجیره-تامین به صورت سرتاسری بهینه شود درحالی‌که هیچ‌یک از اعضا متضرر نشوند. در این مقاله یک رویکرد جدید برای تعیین پارامترهای قرارداد انعطاف مقداری (پارامتر تنظیم رو به بالا و پارامتر تنظیم رو به پایین) ارائه می‌شود. توابع سود مورد انتظار دو عضو زنجیره تأمین تحت شرایط ذکر شده به صورت ریاضی مدلسازی شده و روابط بهینه بین دو پارامتر قرارداد انعطاف مقداری به نحوی که تضمین‌کننده سود بیشتر برای کل زنجیره‌تامین و همچنین تک‌تک اعضای آن باشد، استخراج می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که قرارداد پیشنهادی قادر به هماهنگ‌سازی مقدار سفارش در زنجیره مورد بررسی است به نحوی که سودآوری کل زنجیره‌تامین بیشینه گردد و هیچ‌یک از اعضا نسبت به حالت تصمیم‌گیری انفرادی متضرر نشوند. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که با افزایش انعطاف برای لغو سفارشات، تولیدکننده نیز تعهد کمتری برای تحویل بیشتر خواهد پذیرفت و در مقابل با کاهش سطح انعطاف برای لغو سفارشات، تولیدکننده می‌پذیرد که کالای پشتیبان بیشتری تولید نماید.

۱- مقدمه

زنجیره‌تامین مشتمل بر تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام تا تحویل به مصرف‌کننده نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آن‌ها است [۱]. بر اساس یک دیدگاه کل‌نگر، تمامی اعضای زنجیره‌تامین در حصول سود نقش دارند و عملکرد نامطلوب هر یک می‌تواند موجب کاهش سودآوری زنجیره‌تامین شود. هماهنگی بین دو نهاد تجاری، یک راه مهم برای به دست‌آوردن مزیت رقابتی، همچون کاهش هزینه‌های زنجیره‌تامین است [۲]. با توجه به آنچه بیان شد، مهم‌ترین مشکل در حوزه زنجیره‌تامین مدیریت اعضای مجزا، اما وابسته به هم است. راه حل این مشکل استفاده از ساختار تصمیم‌گیری متمرکز است، اما اغلب با زنجیره‌های‌تامین غیرمتمرکز روبرو هستیم که هر عضو در راستای اهداف خود تصمیم‌گیری می‌کند [۳]؛ ساختار تصمیم‌گیری متمرکز سودآوری بیشتری برای زنجیره‌تامین نسبت به ساختار تصمیم‌گیری غیرمتمرکز ایجاد می‌کند. مدل‌های هماهنگی به دنبال یافتن یک راهکار قابل اجرا هستند که اعضای مستقل یک زنجیره‌تامین را قانع

* نویسنده مسئول. جعفر حیدری
تلفن: ۸۲۰۸۴۴۸۹-۰۲۱؛ پست الکترونیکی: j.heydari@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

نمایند مشابه حالتی که زنجیره‌تامین به صورت متمرکز اداره می‌شود، تصمیم‌گیری نمایند.

هماهنگ‌سازی یک مفهوم کلیدی در زنجیره‌های تأمین بوده و در اغلب تعاریف مدیریت زنجیره‌تامین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف هماهنگ‌سازی تصمیمات اعضای زنجیره‌تامین به صورت "افزایش سودآوری یک زنجیره‌تامین با ساختار غیرمتمرکز در حد همان زنجیره‌تامین اگر به صورت متمرکز مدیریت می‌شد" تعریف می‌شود.

راهکار اصلی در انتقال از مکانیسم تصمیم‌گیری غیرمتمرکز به تصمیم‌گیری متمرکز در شرایطی که زنجیره‌تامین در واقعیت به صورت غیرمتمرکز اداره می‌شود، استفاده از طرح‌های انگیزشی است. طرح‌های انگیزشی مشوق‌هایی هستند که رهبر زنجیره‌تامین که قدرت چانه‌زنی بالاتری دارد با ارائه آنها سعی می‌کند تا مکانیسم تصمیم‌گیری اعضای پیرو را بر روی تصمیمات بهینه حالت متمرکز منطبق نماید [۴]. ایجاد انگیزه در اعضای زنجیره‌تامین به منظور هماهنگ‌سازی تصمیمات به روش‌های مختلفی ممکن است، مانند: ارائه تخفیف از سوی یک عضو به عضو دیگر (قرارداد تخفیف مقداری)، امکان بازگشت کالای باقیمانده در انتهای دوره (قرارداد بازخرید)، ایجاد انعطاف‌پذیری در مقدار سفارش آتی (قرارداد انعطاف مقداری) و مواردی دیگر که به آنها قراردادهای زنجیره‌تامین گفته می‌شود. قراردادها ابزاری برای هماهنگی اعضای زنجیره‌تامین، مدیریت بهتر روابط خریدار و فروشنده و مدیریت ریسک زنجیره هستند. اساس مدل قرارداد در این مقاله، بر مبنای مسئله روزنامه‌فروش کلاسیک است که مقدار سفارش بهینه به وسیله برابر قراردادن درآمد و هزینه نهایی به دست می‌آید [۵].

اعضای زنجیره‌تامین در منابع و اطلاعات به یکدیگر وابسته هستند و این وابستگی باعث بروز چالش‌هایی برای اعضا شده است که برای پاسخگویی به این چالش‌ها، اعضای زنجیره‌تامین باید به سوی یک سیستم یکپارچه حرکت کنند و با هم هماهنگ شوند، بنابراین نیاز به شناسایی یک مکانیسم هماهنگی دارند تا بتوانند با این چالش‌ها مقابله کنند. هماهنگی زنجیره‌تامین یک پاسخ استراتژیک به چالش‌هایی است که وابستگی اعضای زنجیره‌تامین به وجود می‌آورد [۶] و همچنین هماهنگی زنجیره‌تامین را می‌توان شناسایی فعالیت‌های وابسته به یکدیگر بین اعضای زنجیره‌تامین و تدبیر مکانیسم‌هایی برای مدیریت آنها تعریف کرد [۷]. مکانیسم‌های مختلفی جهت هماهنگی بین اعضای زنجیره‌تامین نظیر قراردادها، به اشتراک‌گذاری اطلاعات و دیگر طرح‌های همکاری استفاده می‌شوند [۸]. لی و وانگ [۹] مدل‌های هماهنگی را بر مبنای ساختارهای تصمیم‌گیری به دو دسته متمرکز و غیرمتمرکز و بر مبنای ماهیت تقاضا به دو دسته، قطعی و تصادفی تقسیم‌بندی کرده‌اند و بر مبنای مطالعات خود، نتیجه گرفته‌اند که هماهنگی زنجیره‌های تأمین غیرمتمرکز با تقاضای غیرقطعی از اهمیت ویژه‌ای در مطالعات آتی برخوردار خواهند بود.

مکانیسم مورد استفاده جهت هماهنگ‌سازی زنجیره‌تامین در این مقاله، استفاده از قراردادی به نام «انعطاف مقداری» است. قرارداد انعطاف مقداری دارای دو پارامتر اصلی شامل پارامتر تنظیم رو به پایین و پارامتر تنظیم رو به بالا است. تحت قرارداد انعطاف مقداری خرده‌فروش تعهد می‌کند که کمتر از درصد مشخصی زیر پیش‌بینی تقاضا خرید نکند و تولیدکننده نیز تعهد می‌کند که در صورت لزوم بتواند درصد مشخصی بالاتر از پیش‌بینی را تحویل دهد. در زنجیره تأمین برخی کالاها که دارای سه ویژگی: (۱) فرآیند تولید طولانی، (۲) فصل فروش کوتاه مدت و (۳) عدم قطعیت در تقاضا هستند، به دلیل طولانی بودن زمان تولید لازم است که فرآیند تولید توسط تولیدکننده مدت‌ها قبل از شروع فصل فروش آغاز شود. همچنین تولیدکننده شروع فرآیند تولید خود را بر مبنای پیش‌بینی تقاضا که از خرده‌فروش دریافت کرده است بنا می‌نهد؛ در صورتی که خرده‌فروش تعهدی در قبال این پیش‌بینی اولیه نداشته باشد برای اینکه با کمبود مواجه نشود، در تخمین اولیه خود اغراق می‌کند [۲]. تحت این شرایط برای تولیدکننده به صرفه است که به واسطه قراردادهایی، خرده‌فروشان را ترغیب نماید که مقادیر سفارش خود را پیشاپیش متعهد شوند. بااینحال خرده‌فروشان تمایل دارند که بنا بر اطلاعات جدیدی که با نزدیک شدن به فصل فروش به دست آورده‌اند، امکان تعدیل سفارش خود را داشته باشند. در صورتی که امکان به روزآوری اطلاعات تقاضا از سوی پایین دست در فروش فصلی وجود داشته باشد، قراردادهای انعطاف مقداری موضوعیت می‌یابند.

از کاربردهای این قرارداد در صنعت، موارد مختلفی را می‌توان نام برد؛ سان مایکروسیستمز از قرارداد انعطاف مقداری در خرید خود از ایستگاه‌های کاری مختلف استفاده می‌کند. نیپون اوتیس تولیدکننده تجهیزات آسانسور، از این قرارداد با تسوچیا که تأمین‌کننده قطعات و سوئیچ‌های آن است، استفاده می‌کند. سلکترون یک تولیدکننده قراردادی پیشرو برای بسیاری از شرکت‌های الکترونیک است که از قرارداد انعطاف مقداری بهره می‌برد. قراردادهای انعطاف مقداری همچنین توسط شرکت تویوتا موتور، آی بی ام، هیولت پاکارد و شرکت‌های دیگر نیز استفاده می‌شود [۲].

نوآوری اصلی ارائه شده در این تحقیق نسبت به ادبیات، ارائه یک رویکرد جدید برای تنظیم پارامترهای قرارداد انعطاف مقداری (پارامتر تنظیم رو به پایین و رو به بالا) است؛ به طوری که به ازای هر مقدار امکان‌پذیر برای پارامتر تنظیم رو به پایین، می‌توان یک مقدار بهینه برای پارامتر تنظیم رو به بالا به دست آورد به نحوی که سود بیشتر کل زنجیره و اعضای آن نسبت به مدل‌های مرسوم در ادبیات (حالت عدم انعطاف و حالت تساوی پارامترهای قرارداد) را تضمین نماید.

در ادامه در بخش ۲ به بررسی ادبیات حوزه قرارداد انعطاف مقداری پرداخته‌شده و شکاف تحقیقاتی موجود بیان می‌شود. در بخش ۳ مدلسازی ریاضی مساله انجام می‌شود. در بخش ۴ مثال‌های

Archive of SID

www.SID.ir

عددی و آنالیز حساسیت به منظور اعتبارسنجی مدل، ارائه شده و نهایتاً در بخش ۵ نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی به منظور تحقیقات آتی ارائه شده است.

۲- مرور ادبیات

در حوزه قراردادهای انعطاف مقداری، باسوک و همکاران [۱۰] یک سری از قراردادهای تأمین که به‌طور فراوان در صنعت الکترونیک استفاده می‌شوند را مطالعه کرده‌اند. در تحقیق مذکور، چگونگی تعیین خرید بهینه و سیاست بهینه تعهد بر اساس شرایط قرارداد ارائه شده از طرف تأمین‌کننده برای خریدار بررسی شده است. وانگ و تی ساو [۱۱] قرارداد انعطاف مقداری را از دیدگاه خریدار بررسی و سیاست بهینه خریدار را فرموله کرده‌اند و یک فرمول فرم بسته برای رفتار بهینه خریدار در زمانی که تقاضا به‌طور یکنواخت توزیع شده به دست آورده‌اند. میلتون برگ و پانگ [۱۲] مسئله سفارش‌دهی از خانواده محصولات خاص که تقاضای آنها نامعلوم است و دو فرصت سفارش‌دهی برای آنها وجود دارد را بررسی کرده‌اند. لیان و دشماخ [۱۳] ساختار سیاست‌های بهینه برای خریداران و توسعه روش‌های حلی که اجازه می‌دهد خریداران مقدار سفارشی که هزینه کل مورد انتظارشان در هر دوره را حداقل کند ارائه کرده‌اند. نوآوری‌های مقاله مذکور ارائه یک مدل برنامه‌ریزی پویا برای مشخص کردن ساختار استراتژی بهینه بازپرسازی خریدار و همچنین ارائه رویکردهای ابتکاری برای محاسبه حجم سفارش در هر دوره است. کیم [۱۴] بررسی کرد که در یک زنجیره‌تامین چهار سطحی هر عضو بنا به پیش‌بینی خریدارش چه مقدار سفارش دهد. نتایج حاصل از تحقیق مذکور نشان داد که انعطاف‌پذیری بیشتر همیشه به خدمات بهتر به مشتری(خریدار) منجر نمی‌شود. علاوه بر این کیم، پارک و همکاران [۱۵] یک قرارداد انعطاف مقداری در یک سیستم چند دوره‌ای، شامل چند تأمین‌کننده ناهمگن را بررسی کرده‌اند. تی‌سِی و لاوجوی [۱۶] یک چارچوب برای تحلیل عملکرد و طراحی انعطاف مقداری زنجیره‌تامین ارائه داده‌اند؛ همچنین تی‌سِی [۲] در مقاله‌ای دیگر انگیزه دو طرف زنجیره را مدلسازی و همچنین علل ناکارآمدی را شناسایی و راه‌حل‌هایی را پیشنهاد کرده است. کاراکایا و باکال [۱۷] یک زنجیره‌تامین چند محصولی و دو عضوی شامل یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده را بررسی و بر روی یک طرح انعطاف مقداری مشترک که شامل تمام محصولات می‌شود تمرکز کرده‌اند. آنها نشان دادند که طرح انعطاف‌پذیری مشترک سود خرده‌فروش را به‌طور قابل‌توجهی بهبود می‌بخشد و همچنین تولیدکننده نیز از این طرح بهره می‌برد. مهجان [۱۸] یک قرارداد انعطاف مقداری را درحالی‌که تقاضا تصادفی و وابسته به قیمت است و از یک مدل فزاینده پیروی می‌کند بررسی کرده است. کیم و وو [۱۹] یک رویکرد مبتنی بر تجمیع سناریو را برای حل مدل قرارداد زنجیره‌تامین فرموله شده با برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای به کار گرفتند و نشان دادند که پایداری تقاضای مشتریان، برای هر دو عضو خریدار و تامین‌کننده سودمند است. هوو و همکاران [۲۰] یک سیاست سفارش‌دهی انعطاف‌پذیر بین یک تولیدکننده و یک تامین‌کننده با عملکرد تصادفی و تقاضای نامعلوم را مطالعه کرده‌اند؛ در مدل ارائه شده هرگاه که تأمین‌کننده نتواند حداقل تعهد خود را تحویل دهد باید مقدار کمبود خود را از طریق برون‌سپاری تأمین و تحویل دهد. چانگ و همکاران [۲۱] یک قرارداد ترکیبی به نام QF_i که ترکیبی از قرارداد انعطاف مقداری و قرارداد تخفیف قیمتی است را طراحی کرده و نشان دادند که این قرارداد می‌تواند ریسک موجودی را بین دو عضو خریدار و تأمین‌کننده به‌طور مؤثری متوازن کند. لی [۲۲] یک قرارداد انعطاف مقداری دو دوره‌ای را بین یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش بررسی کرده است. در این قرارداد، خرده‌فروش به ازای یک سفارش معین می‌تواند از قیمت عمده‌فروشی پایین‌تری برخوردار شود. در ادامه، خرده‌فروش می‌تواند بعد از دوره اول، مقادیر سفارش را بر اساس وضعیت موجودی به روز شده و با پرداخت قیمت بالاتر به ازای واحدهای افزایشی یا بر اساس یک قرارداد بازخرید به روز نماید. بر خلاف مقاله مذکور، در مقاله حاضر خرده‌فروش به ازای به‌روزرسانی مقدار سفارش هیچ هزینه اضافه‌ای پرداخت نکرده و با همان قیمت عمده‌فروشی قبلی مقدار سفارش خود را دریافت می‌کند. در یک تحقیق اخیر دیگر، بایسر و هاگسپیل [۲۳] از یک مدل تکامل پیش‌بینی به منظور بررسی تأثیر کاهش زمان تحویل (زمان سپری شده بین صدور سفارش نهایی خرده‌فروش و تحویل آن) بر ارزش قرارداد انعطاف مقداری در یک زنجیره‌تامین دو عضوی استفاده می‌کنند. کنوبلیچ، هیوی و ویلیامز [۲۴] یک زنجیره‌تامین سه سطحی شامل مشتری، تأمین‌کننده و یک ارائه‌دهنده ظرفیت (با ظرفیت نامحدود) را تحت نوعی از قرارداد انعطاف مقداری به نام RHF[1] و تحت تقاضای غیرقطعی در صنعت نیمه‌رسانا بررسی کرده‌اند. تحقیق مذکور نشان می‌دهد که تحت تقاضای اریب، قرارداد RHF نامتقارن عملکرد بهتری نسبت به متقارن دارد. کیم [۲۵] به منظور مقابله با عدم اطمینان تقاضا و همچنین به عنوان یک مکانیسم تسهیم ریسک برای پیش‌بینی تقاضا، یک قرارداد دو جانبه با انعطاف‌پذیری مقدار سفارش را مطالعه کرده است. در مقاله مذکور نشان داده شده است که طرح پیشنهادی با مدیریت بهتر موجودی و خدمات مشتریان به خوبی می‌تواند نوسانات تقاضا را مهار کند.

با توجه به تحقیقات مرور شده، در این مقاله رویکرد هماهنگ‌سازی زنجیره‌تامین به کمک قرارداد انعطاف مقداری مطرح شده که در ادبیات موضوع به‌طور محدودی به آن پرداخت شده است. به عنوان نزدیک‌ترین مطالعات به مقاله حاضر می‌توان [۲۵، ۲۰، ۲۳] را نام برد، با این تفاوت که [۲۵] از مدل شبیه‌سازی رویداد-گسسته برای مدل‌سازی این قرارداد استفاده کرده است، [۲۰] یک مدل موجودی تک دوره‌ای را برای مدل‌سازی این قرارداد تحت اختلال تولید توسعه داده است و [۲۳] از یک مدل تکامل پیش‌بینی برای

1. Rolling Horizon Flexibility

Archive of SID

www.SID.ir

مدل‌سازی این قرارداد بهره برده است. برخلاف مطالعات صورت گرفته در این حوزه، در این مقاله از مسئله روزنامه‌فروش کلاسیک برای مدل‌سازی این قرارداد استفاده شده که توسعه‌ای بر مدل ارائه شده در [۲۶] است. از طرف دیگر با توجه به اینکه هیچ‌یک از مقالات، رابطه‌ای را برای تنظیم بهینه پارامترهای قرارداد انعطاف مقداری ارائه نداده‌اند، این موضوع به عنوان یک شکاف تحقیقاتی مورد مطالعه قرار گرفته است؛ بدین منظور در این مقاله رویکردی جدید برای تنظیم پارامترهای قرارداد انعطاف مقداری ارائه شده است که طی آن یک رابطه فرم بسته بین دو پارامتر قرارداد انعطاف مقداری به‌دست‌آمده است به طوری که به ازای هر مقدار امکان‌پذیر برای پارامتر تنظیم رو به پایین، می‌توان یک مقدار بهینه برای پارامتر تنظیم رو به بالا به دست آورد به نحوی که سود همه‌ی اعضا تنظیم و سود کل زنجیره نیز بیشینه شود. در مدل پیشنهادی، خرده‌فروش این امکان را دارد که با آغاز فصل فروش، سفارش اولیه خود را تعدیل نماید. به عبارتی در صورتی که تقاضای مشاهده شده کمتر از پیش‌بینی اولیه بوده باشد آنگاه خرده‌فروش می‌تواند مقدار مشخصی از سفارش اولیه خود را لغو نماید و به همین صورت درصورتیکه تقاضای مشاهده شده بیشتر از پیش‌بینی باشد، این امکان وجود دارد که به اندازه مشخصی بیشتر از سفارش اولیه خود را تحویل بگیرد؛ در این حالت تولیدکننده متعهد است که مقدار مشخصی بیشتر از سفارش اولیه خرده‌فروش را آماده تحویل داشته باشد. سؤالات اصلی که این تحقیق به آن پاسخ می‌دهد عبارتند از:

(۱) آیا قرارداد انعطاف مقداری با شرایط ذکر شده قادر به هماهنگ‌سازی تصمیمات در زنجیره تأمین مورد بررسی می‌باشد؟

(۲) مقادیر انعطاف در لغو سفارشات و همچنین تعهد مازاد تولیدکننده چگونه باید تعیین شوند به نحوی که سودآوری زنجیره تأمین را بیشینه نمایند؟

(۳) ترکیب بهینه پارامترهای انعطاف مقداری به نحوی که تضمین‌کننده سودآوری بیشتر هر دو عضو باشد چگونه قابل تعیین است؟

۳- تعریف مسئله

زنجیره‌تامین مورد مطالعه در این مقاله یک زنجیره‌تامین دوسطحی و تک‌کالایی متشکل از یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است. در این زنجیره جریان سفارش از طرف خرده‌فروش به سمت تولیدکننده منتقل می‌شود و بعد از سفارش‌دهی توسط خرده‌فروش، تولیدکننده مقدار سفارش را به خرده‌فروش می‌رساند. تقاضا در این زنجیره دارای توزیع احتمالی یکنواخت است. همه محصولات دارای هزینه تولید مشخصی در سایت تولیدکننده هستند و تولیدکننده محصولات تولید شده را با قیمت عمده‌فروشی به خرده‌فروش می‌دهد و در نهایت خرده‌فروش محصولات دریافتی را با قیمت مشخص خرده‌فروشی به فروش می‌رساند. در این مدل، همه هزینه‌های کمبود در انتهای دوره بر عهده خرده‌فروش خواهد بود و محصولات مازاد دارای ارزش اسقاط برابری برای تولیدکننده و خرده‌فروش خواهند بود. در مدل ارائه شده مبتنی بر قرارداد انعطاف مقداری، برای ایجاد انگیزه در خرده‌فروش جهت تعدیل سفارشات، انعطاف‌پذیری در مقدار سفارش از طرف تولیدکننده به خرده‌فروش ارائه می‌شود به نحوی که خرده‌فروش بنا بر پیش‌بینی تقاضا سفارشی قبل از شروع فصل صادر و متعهد می‌شود که در زمان خرید که وضعیت تقاضا معلوم شده است کمتر از درصد مشخصی زیر پیش‌بینی اولیه‌ای که داشته است سفارش ندهد. همچنین تولیدکننده نیز متعهد می‌شود که در صورت لزوم و نیاز خرده‌فروش، بتواند درصد مشخصی بالاتر از میزان سفارش اولیه را آماده تحویل داشته باشد [۲]. هدف اصلی در مسئله مورد بررسی این است که مقدار سود کل زنجیره به حالت تصمیم‌گیری متمرکز ارتقاء یابد و در عین حال سود هر یک از اعضا تحت قرارداد انعطاف مقداری به مقداری بزرگ‌تر یا مساوی با حالت تصمیم‌گیری غیرمتمرکز برسد. مفروضات اصلی مدل ارائه شده به شرح زیر است:

۱. تقاضا در این مسئله دارای توزیع احتمالی یکنواخت است.
۲. همه محصولات دارای هزینه تولید مشخصی در سایت تولیدکننده هستند و قیمت‌های عمده‌فروشی و خرده‌فروشی ثابت و مشخص هستند.
۳. همه هزینه‌های کمبود در انتهای دوره بر عهده خرده‌فروش خواهد بود.
۴. محصولات مازاد دارای ارزش اسقاط مساوی برای تولیدکننده و خرده‌فروش خواهند بود.
۵. زمان تحویل حمل و نقل و هزینه ارسال در سفارش ثانویه در مدل لحاظ نشده است. به عبارتی به محض ثبت سفارش ثانویه توسط خرده‌فروش فرض می‌شود که سفارش بدون هزینه دریافت می‌شود.

۳-۱- نمادگذاری

نمادهای استفاده شده در مقاله در جدول (۱) ارائه شده‌اند.

جدول (۱): نمادها

متغیرها	
x	متغیر تصادفی معرف مقدار تقاضای بازار، دارای توزیع احتمالی یکنواخت $f(x)\sim u(0, T_2)$
q	متغیر تصمیم مقدار سفارش خرده‌فروش از تولیدکننده
Q	متغیر تصمیم میزان تعهد تحویل برای تولیدکننده $Q = (1+u)q$
پارامترهای مدل	
p	قیمت خرده‌فروشی هر واحد محصول
w	قیمت عمده‌فروشی هر واحد محصول
c	هزینه تولید هر واحد محصول در سایت تولیدکننده
s	ارزش اسقاطی هر واحد محصول باقی‌مانده در انتهای دوره (برابر برای خرده‌فروش و تولیدکننده)
b	هزینه هر واحد کمبود در سایت خرده‌فروش
T_2	کران بالای توزیع یکنواخت تقاضا
پارامترهای قرارداد	
u	پارامتر تنظیم رو به بالا (تعهد تولید بیشتر توسط تولیدکننده)
d	پارامتر تنظیم رو به پایین (انعطاف‌پذیری برای لغو سفارشات توسط خرده‌فروش)
روابط منطقی	
۰	$< s < c < w < p$

Arhive of SID

www.SID.ir

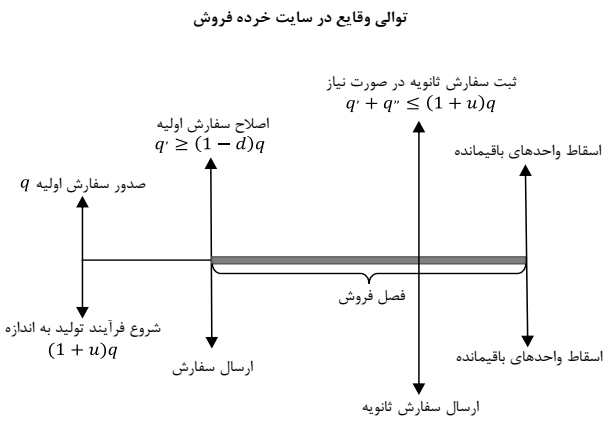
لازم به ذکر است که پایین‌نویس‌های R، M و SC در هر نماد به ترتیب بیانگر خرده‌فروش، تولیدکننده و کل زنجیره می‌باشد.

۳-۲- مدل‌سازی ریاضی: قرارداد انعطاف مقداری

در قرارداد انعطاف مقداری، خرده‌فروش بنا بر پیش‌بینی تقاضا سفارشی قبل از شروع فصل فروش به مقدار q صادر می‌کند و متعهد می‌شود در زمان خرید که وضعیت تقاضا معلوم شده است، کمتر از درصد مشخصی زیر پیش‌بینی اولیه‌ای که داشته است، یعنی $(1-d)q$ سفارش ندهد و تولیدکننده نیز متعهد می‌شود در صورت لزوم و نیاز خرده‌فروش بتواند درصد مشخصی بالاتر از میزان سفارش اولیه یعنی $(1+u)q$ را آماده تحویل داشته باشد.

شکل (۱) نشان‌دهنده سلسله وقایع رخداده در زنجیره تأمین موردبررسی است. با توجه به این شکل، توالی وقایع به صورت زیر است:

۱. خرده‌فروش زمانی پیش‌تر از آغاز فصل فروش یک سفارش اولیه به اندازه q صادر می‌کند.
۲. این سفارش مبنای تولید برای تولیدکننده قرار می‌گیرد و تولیدکننده شروع به تولید به اندازه تعهد تحویل خود یعنی $(1+u)q$ می‌کند.
۳. با نزدیک شدن به شروع فصل فروش، با اطلاعات جدیدی که از تقاضای مشتریان به خرده‌فروش می‌رسد، خرده‌فروش پیش‌بینی تقاضای خود را به‌روزرسانی و در مقدار سفارش صادره بازنگری می‌کند.
۴. خرده‌فروش می‌تواند سفارش قبلی خود را اصلاح کند، به شرط آنکه مجموع سفارشات از $(1+u)q$ بیشتر و از $(1-d)q$ کمتر نشود.
۵. در پایان فصل فروش، در صورت باقی ماندن کالا، تولیدکننده و خرده‌فروش واحدهای باقیمانده خود را با ارزش برابر اسقاط می‌کنند.



شکل (۱): توالی وقوع رخدادها تحت قرارداد انعطاف مقداری

q': سفارش اصلاح شده اولیه

q'': سفارش ثانویه

به‌طور مشخص با توجه به اینکه هزینه‌های حمل و نقل در مدل لحاظ نشده است، اولین سفارش خرده‌فروش (در ابتدای فصل فروش) در حداقل مقدار خود یعنی $(1-d)q$ تنظیم می‌شود.

تابع سود کل زنجیره‌تامین تحت قرارداد انعطاف مقداری به صورت رابطه (۱) قابل محاسبه است:

$$\prod_{SC}(q,u) = \begin{cases} px-(c-s)[(1+u)q]-sx & 0 \le x < (1-d)q \\ px-(c-s)[(1+u)q]-sx & (1-d)q \le x < (1+u)q \\ (p-c+b)[(1+u)q]-bx & (1+u)q \le x < T_2 \end{cases} \quad (۱)$$

همان‌طور که گفته شد، به دلیل زمان تولید بالا و فصل فروش کوتاه، تولیدکننده متعهد به تولید تمام تعهد تحویل خود یعنی $(1+u)q$ مدت‌ها قبل از شروع فصل فروش است؛ بنابراین، در رابطه (۱) تولیدکننده همواره به اندازه $(1+u)q$ تولید و آماده تحویل دارد. در صورتی که $0 \le x < (1-d)q$، تولیدکننده فقط به اندازه $(1-d)q$ فروش دارد (حداقل تعهد خرید خرده‌فروش) و مابقی تولید خود را اسقاط می‌کند و خرده‌فروش نیز به اندازه $[(1-d)q-x]$ اسقاط خواهد داشت. اگر $(1-d)q \le x < (1+u)q$، خرده‌فروش فقط به اندازه تقاضای بازار خرید می‌کند و تولیدکننده به اندازه $[(1+u)q-x]$ اسقاط خواهد داشت و در نهایت اگر $(1+u)q \le x < T_2$ خرده‌فروش فقط به اندازه تعهد تحویل تولیدکننده می‌تواند به تقاضای بازار جواب دهد و مابقی تقاضا یعنی $[x-(1+u)q]$ را از دست خواهد داد.

بر این اساس سود مورد انتظار زنجیره‌تامین به صورت رابطه (۲) فرموله می‌شود:

$$\begin{aligned} E[\prod_{SC}(q,u)] &= p[\int_0^{(1+u)q} xf(x)\,dx \\ &+ \int_{(1+u)q}^{T_2}(1+u)qf(x)\,dx] \\ &+s\int_0^{(1+u)q}[(1+u)q-x]f(x)\,dx \\ &- b\int_{(1+u)q}^{T_2}[x-(1+u)q]f(x)\,dx] - c(1+u)q \end{aligned} \quad (۲)$$

در این تحقیق فرض بر این است که تقاضا از توزیع یکنواخت پیوسته در بازه $[0,T_2]$ پیروی می‌کند، بنابراین:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{T_2} & 0 \le x \le T_2 \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (۳)$$

با توجه به اینکه تولیدکننده ملزم به تولید به اندازه تعهد خود می‌باشد یا به عبارتی $Q=(1+u)q$، در نتیجه سود مورد انتظار زنجیره تأمین به صورت رابطه (۴) قابل محاسبه است:

$$E[\prod_{SC}(q,u)] = \frac{\left(\begin{matrix} Q^2s-b(Q-T_2)^2 \\ -2cQT_2-p(Q^2-2QT_2) \end{matrix}\right)}{2T_2} \quad (۴)$$

قضیه (۱): تابع سود زنجیره‌تامین نسبت به متغیر Q مقعر است و مقدار بهینه Q از دیدگاه زنجیره‌تامین به صورت رابطه (۵) نوشته می‌شود:

$$Q = \frac{(b+p-c)T_2}{b+p-s} \quad (۵)$$

با توجه به اینکه $Q=(1+u)q$ در نتیجه:

Arhive of SID

www.SID.ir

$$q_{SC} = \frac{(b-c+p)T_2}{(b+p-s)(1+u)} \quad (۶)$$

اثبات قضیه (۱): برای اثبات تقعر تابع سود زنجیره‌تامین نسبت به متغیر تصمیم Q، مشتق مرتبه دوم تابع سود زنجیره‌تامین به صورت رابطه (۷) قابل محاسبه است:

$$\frac{\partial^2 \prod_{SC}(q,u)}{\partial Q^2} = -\frac{b+p-s}{T_2} < 0 \quad (۷)$$

با توجه به اینکه $s < p$ ، رابطه (۷) همواره منفی بوده، بنابراین تابع سود زنجیره‌تامین نسبت به Q، اکیدا مقعر خواهد بود.

با برقراری شرط اول بهینگی برای متغیر Q خواهیم داشت:

$$\frac{\partial \prod_{SC}(q,u)}{\partial Q} = -\frac{(b+p-s)Q-(b-c+p)T_2}{T_2} = 0$$

$$Q = \frac{(b+p-c)T_2}{b+p-s} \quad (۸)$$

و در نتیجه اثبات قضیه (۱) تکمیل شد.

مقدار محاسبه شده Q از دیدگاه کل زنجیره‌تامین می‌تواند سودآوری زنجیره را بیشینه نماید. با این‌حال متغیر Q وابسته به اندازه سفارش خرده‌فروش q می‌باشد. در ادامه مدل خرده‌فروش به منظور محاسبه متغیر q ارایه می‌شود. تابع سود خرده‌فروش تحت قرارداد انعطاف مقداری به صورت رابطه (۹) خواهد بود:

$$\prod_R(q,d,u) = \begin{cases} px - w(1-d)q + s[(1-d)q - x] & 0 \le x < (1-d)q \\ (p-w)x & (1-d)q \le x < (1+u)q \\ (p-w)(1+u)q - b[x-(1+u)q] & (1+u)q \le x < T_2 \end{cases} \quad (۹)$$

در این قسمت، خرده‌فروش مقدار سفارش q را قبل از شروع فصل فروش صادر و مقدار خرید حداقلی $(1-d)q$ را در آغاز فصل فروش و معلوم شدن تقاضا تضمین می‌کند، در مقابل تولیدکننده نیز مقدار $(1+u)q$ را برای خرده‌فروش تولید و آماده نگه می‌دارد تا در صورت نیاز بعد از معلوم شدن تقاضای بازار، امکان تحویل بیشتر را برای خرده‌فروش فراهم کند.

سود مورد انتظار خرده‌فروش با رابطه (۱۰) قابل محاسبه است:

$$\begin{aligned} E[\prod_R(q,d,u)] = p[&\int_0^{(1+u)q} xf(x)dx \\ &+ \int_{(1+u)q}^{T_2} (1+u)qf(x)dx \; - w[\int_0^{(1-d)q} (1-d)qf(x)dx \\ &+ \int_{(1-d)q}^{(1+u)q} xf(x)dx \; + \int_{(1+u)q}^{T_2} (1+u)qf(x)dx] \\ &+ s\int_0^{(1-d)q} [(1-d)q - x]f(x)dx \\ &- b\int_{(1+u)q}^{T_2} [x-(1+u)q]f(x)dx \end{aligned} \quad (۱۰)$$

لازم به ذکر است که $0 \le d \le 1$ و $0 \le u$.

با توجه به اینکه f(x) دارای تابع چگالی یکنواخت پیوسته در بازه $[0, T_2]$ است، تابع سود خرده‌فروش به صورت رابطه (۱۱) بازنویسی می‌شود:

$$E[\prod_R(q,d,u)] = \frac{\begin{pmatrix} q^2s - pq^2 - 2dq^2s + d^2q^2s \\ +2pqT_2 - 2pq^2u + 2pqT_2u \\ -pq^2u^2 \\ -b(q-T_2+qu)^2 \\ -q\begin{pmatrix} d^2q - 2dq \\ +2T_2(1+u) - qu(2+u) \end{pmatrix}w \end{pmatrix}}{2T_2} \quad (۱۱)$$

قضیه (۲): تابع سود خرده‌فروش نسبت به متغیر q مقعر است و مقدار بهینه q از دیدگاه خرده‌فروش به صورت رابطه (۱۲) خواهد بود:

$$q_R = \frac{T_2(1+u)(b+p-w)}{\begin{pmatrix} p-(-1+d)^2s+b(1+u)^2 \\ +u(2+u)(p-w)+(-2+d)dw \end{pmatrix}} \quad (۱۲)$$

اثبات قضیه (۲): برای اثبات تقعر تابع سود خرده‌فروش نسبت به q مشتق مرتبه دوم تابع سود خرده‌فروش نسبت به متغیر q به صورت رابطه (۱۳) محاسبه می‌شود:

$$\frac{\partial^2 \prod_R(q,d,u)}{\partial q^2} = -\frac{\begin{pmatrix} p-s+b(1+u)^2+u(2+u)(p-w) \\ -(-2+d)d(s-w) \end{pmatrix}}{T_2} \quad (۱۳)$$

با اندکی ساده‌سازی، می‌توان رابطه (۱۳) را به صورت رابطه (۱۴) تبدیل کرد:

$$\frac{\partial^2 \prod_R(q,d,u)}{\partial q^2} = -\frac{\begin{pmatrix} p-w+b+2bu+bu^2+2u(p-w) \\ +u^2(p-w)+(w-s)(d-1)^2 \end{pmatrix}}{T_2} < 0 \quad (۱۴)$$

با توجه به روابط $w < p$ ، $s < w$ ، عبارت (۱۴) همواره منفی بوده و تابع سود خرده‌فروش نسبت به q اکیدا مقعر است، با برقراری شرط اول بهینگی خواهیم داشت:

$$\frac{\partial \prod_R(q,d,u)}{\partial q} = -\frac{\begin{pmatrix} pq - qs + 2dqs - d^2qs \\ -pT_2 + 2pqu - pT_2u \\ +pqu^2 + b(1+u)(q-T_2+qu) + (d^2q \\ +d(-2q+T_2+u(T_2-q(2+u)))w \end{pmatrix}}{T_2} = 0$$

$$q_R = \frac{T_2(1+u)(b+p-w)}{\begin{pmatrix} p-(-1+d)^2s+b(1+u)^2 \\ +u(2+u)(p-w)+(-2+d)dw \end{pmatrix}} \quad (۱۵)$$

و در نتیجه اثبات قضیه (۲) کامل شد.

به منظور بیشینه‌سازی سود کل زنجیره‌تامین لازم است که خرده‌فروش تحت قرارداد انعطاف مقداری مشابه با حالت تصمیم‌گیری متمرکز، تصمیم‌گیری نماید. بنابراین باید مقدار سفارش خرده‌فروش تحت قرارداد برابر با مقدار سفارش بهینه زنجیره‌تامین قرار گیرد و در نهایت مقادیر d و u به نحوی تعیین شوند که تصمیم خرده‌فروش تحت قرارداد انعطاف مقداری برای کل زنجیره‌تامین بهینه باشد.

می‌دانیم که در صورتی سود زنجیره‌تامین بیشینه خواهد شد که تصمیم خرده‌فروش در مورد اندازه سفارش یعنی q_R با حالت متمرکز یعنی q_{SC} برابر شود. بر این اساس با داشتن $q_R = q_{SC}$ و جایگذاری مقادیر از روابط (۶) و (۱۲) می‌توان دو رابطه فرم بسته (۱۷) و (۱۸) را بین u و d به دست آورد.

$$q_R = q_{SC} \quad (۱۶)$$

Arrive of SID

www.SID.ir

$$u = -1 + \frac{\sqrt{\begin{pmatrix}(-1+d)^2(b-c+p)(c-s)\\(b+p-w)(-s+w)\end{pmatrix}}}{(c-s)(b+p-w)} \quad (۱۷)$$

$$u = -1 + \frac{(-1+d)^2(b-c+p)(s-w)}{\sqrt{\begin{pmatrix}-(-1+d)^2(b-c+p)\\(c-s)(b+p-w)(s-w)\end{pmatrix}}} \quad (۱۸)$$

با توجه به روابط $c < p$ و $s < w$، رابطه (۱۸) همواره منفی خواهد بود، بنابراین رابطه (۱۷) پذیرفته می‌شود. بنابراین می‌توان به ازای هر مقدار قابل قبول d (یعنی $0 \le d \le 1$) مقداری از u را محاسبه کرد به نحوی که اندازه سفارش خرده‌فروش q_R بر روی تصمیمات بهینه سرتاسری q_{SC} تنظیم شود و سودآوری زنجیره تامین بیشینه گردد.

تابع سود تولیدکننده تحت قرارداد انعطاف مقداری به صورت رابطه (۱۹) قابل محاسبه است:

$$\Pi_M(q,d,u) = \begin{cases} w(1-d)q - c(1+u)q + s[(1+u)-(1-d)]q & 0 \le x < (1-d)q \\ wx - c(1+u)q + s[(1+u)q - x] & (1-d)q \le x < (1+u)q \\ w(1+u)q - c(1+u)q & (1+u)q \le x < T_2 \end{cases} \quad (۱۹)$$

بر این اساس، سود مورد انتظار تولیدکننده به صورت رابطه (۲۰) قابل تعیین است:

$$E[\Pi_M(q,d,u)] = w[\int_0^{(1-d)q}(1-d)qf(x)dx + \int_{(1-d)q}^{(1+u)q} xf(x)dx + \int_{(1+u)q}^{T_2}(1+u)qf(x)dx] + s[\int_0^{(1-d)q}[(1+u)q-(1-d)q]f(x)dx + \int_{(1-d)q}^{(1+u)q}[(1+u)q-x]f(x)dx] - c(1+u)q \quad (۲۰)$$

با توجه به اینکه f(x) دارای تابع چگالی یکنواخت پیوسته در بازه $[0, T_2]$ است، در تابع سود تولیدکننده می‌توان نوشت:

$$E[\Pi_M(q,d,u)] = \frac{q\begin{pmatrix}-2cT_2(1+u)+2dq(s-w)+2T_2w\\+d^2q(-s+w)\\+u(q(2+u)(s-w)+2T_2w)\end{pmatrix}}{2T_2} \quad (۲۱)$$

۴- آزمایشات عددی

در مدل پیشنهادی درصورتی‌که داشته باشیم $u = 0$,$d = 0$ آنگاه می‌توان گفت که هیچ انعطافی از طرف تولیدکننده برای خرده‌فروش نه برای لغو سفارشات و نه برای تحویل بیشتر در نظر گرفته نشده است. این حالت را می‌توان به نوعی حالت «عدم انعطاف» در قرارداد انعطاف مقداری نامید. بر این اساس در صورتی که $d = u = 0$ باشد، این حالت را عدم انعطاف می‌گوییم.

روش دیگری که در ادبیات به چشم می‌خورد بر مبنای تساوی پارامترهای انعطاف به پایین و انعطاف به بالا قرار گرفته است یعنی $d = u$ و معمولاً در این روش مقدار این پارامترها بر اساس روش-های سعی و خطا و یا روش‌های بهینه‌سازی محاسبه می‌شود. این روش در اغلب تحقیقات این حوزه مرسوم است و از این رو ما در این تحقیق آن را روش «مرسوم» می‌نامیم [۱۰، ۱۵، ۲۶ و ۲۷]. با این حال تحقیق حاضر مقادیر پارامترهای d و u را بزرگتر از صفر قرار می‌دهد و هیچ‌گونه محدودیتی برای آنها قرار نمی‌دهد، در واقع بر اساس رابطه (۱۷) به ازای هر مقدار در محدوده امکان‌پذیر برای پارامتر d، مقدار u بهینه به دست می‌آید به نحوی که اندازه سفارش خرده‌فروش q_R بر روی تصمیمات بهینه سرتاسری q_{SC} تنظیم می‌شود و سودآوری زنجیره تأمین بیشینه می‌گردد. تحت حالت عدم انعطاف لازم است که خرده‌فروش به اندازه سفارش اولیه خود خریداری کند و تولیدکننده نیز تعهدی برای تهیه کالای بیشتر ندارد. از آنجاکه انعطاف بیشتر به‌طور مشخص به نفع خرده‌فروش است در نتیجه انتظار می‌رود خرده‌فروش تحت قرارداد انعطاف مقداری همواره منتفع شود. در حالتی‌که این انعطاف برای خرده‌فروش به اندازه کافی جذاب باشد آنگاه خرده‌فروش قانع به تغییر تصمیمات خود خواهد شد و در صورتیکه هزینه‌های صرف شده تولیدکننده برای ایجاد انعطاف از منافع حاصل از آن کوچک‌تر باشد آنگاه این قرارداد می‌تواند در عین اینکه موجب بهبود تصمیمات خرده‌فروش شود، سودآوری کل زنجیره تامین را نیز بهبود بخشد. جدول (۲) نشان‌دهنده داده‌های مسایل آزمایش مورد استفاده در این بخش است.

جدول (۲): مقادیر پارامترها

	T_2	p	c	s	w	b
مثال ۱	۵۰	۳۰	۱۰	۵	۲۰	۸
مثال ۲	۱۰۰	۶۰	۳۰	۱۲	۵۰	۵
مثال ۳	۱۵۰	۸۰	۵۰	۳۰	۶۰	۶
مثال ۴	۲۰۰	۱۲۰	۷۰	۳۰	۱۰۰	۵
مثال ۵	۲۵۰	۱۸۰	۱۰۰	۴۰	۱۵۰	۲۰
مثال ۶	۳۰۰	۲۵۰	۱۷۰	۸۰	۲۰۰	۵۰
مثال ۷	۴۰۰	۴۰۰	۲۰۰	۷۰	۳۰۰	۷۰
مثال ۸	۵۰۰	۴۴۰	۳۰۰	۱۰۰	۳۶۰	۸۰
مثال ۹	۶۰۰	۶۳۰	۴۰۰	۱۶۰	۵۰۰	۸۰

جدول (۳) نشان‌دهنده نتایج اجرای مدل پیشنهادی بر روی مثال‌های عددی به ازای $d = ۰.۲$ است.

جدول (۳): مقادیر متغیرهای تصمیم و توابع سود اعضای زنجیره‌تامین

	مثال ۱	مثال ۲	مثال ۳	مثال ۴	مثال ۵
u	۰.۷۳	۰.۷۸	۰.۱۵	۰.۵۷	۰.۵۳
q_R	۲۴.۵۵	۳۷.۱۹	۸۳.۶۴	۷۳.۷۶	۱۰۲
q_{SC}	۲۴.۵۵	۳۷.۱۹	۸۳.۶۴	۷۳.۷۶	۱۰۲
Q	۴۲.۴۲	۶۶.۰۴	۹۶.۴۳	۱۱۵.۷۹	۱۵۶.۲۵
Π_M	۲۱۲.۱۲	۶۶۰.۳۸	۴۸۲.۱۴	۱۷۳۶.۸۰	۳۹۰۶.۲۰
Π_R	۱۸۱.۸۲	۲۴۵.۲۸	۸۰۳.۵۷	۹۴۷.۳۷	۱۴۰۶.۳۰
Π_{SC}	۳۹۳.۹۴	۹۰۵.۶۶	۱۲۸۵.۷۰	۲۶۸۴.۲۰	۵۳۱۲.۵۰
فروش مورد انتظار	۲۴.۴۳	۴۴.۲۳	۶۵.۴۳	۸۲.۲۷	۱۰۷.۴۲
خرید مورد انتظار	۲۸.۲۸	۴۸.۶۶	۸۰.۳۶	۹۰.۹۸	۱۲۰.۷۴
کمبود مورد انتظار	۰.۵۷	۵.۷۷	۹.۵۷	۱۷.۷۳	۱۷.۵۸
مازاد مورد انتظار	۳.۸۶	۴.۴۳	۱۴.۹۲	۸.۷۱	۱۳.۳۲

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است، همان‌طور که بیان شد، به ازای هر مقدار امکان‌پذیر برای d ($0 \le d \le 1$) بر اساس رابطه (۱۷) می‌توان یک مقدار بهینه و منحصربه‌فرد برای u به دست آورد به نحوی که اندازه سفارش خرده‌فروش q_R بر روی تصمیمات بهینه سرتاسری q_{SC} تنظیم شود و سودآوری زنجیره تأمین بیشینه گردد. جداول (۴)، (۵) و (۶) نشان‌دهنده مقایسه‌ای بین سه روش، بهینه (مقاله حاضر)، روش مرسوم در ادبیات [۱۰، ۱۵، ۲۶ و ۲۷] و عدم انعطاف (غیرمتمرکز- غیرهماهنگ) در مثال‌های عددی (۴)، (۷) و (۹) به ازای $d = ۰.۲$ است.

ادامه جدول (۳): مقادیر متغیرهای تصمیم و توابع سود اعضای زنجیره‌تامین

	مثال ۶	مثال ۷	مثال ۸	مثال ۹
u	۰.۰۵	۰.۳۴	۰.۰۷	۰.۱۶
q_R	۱۶۸.۳۱	۲۰۱.۳۴	۲۴۴.۸۷	۲۹۲.۳۲
q_{SC}	۱۶۸.۳۱	۲۰۱.۳۴	۲۴۴.۸۷	۲۹۲.۳۲
Q	۱۷۷.۲۷	۲۷۰	۲۶۱.۹۰	۳۳۸.۱۸
Π_M	۲۶۵۹.۱۰	۱۳۵۰۰	۷۸۵۷.۱۰	۱۶۹۰۹
Π_R	۱۳۶۳.۶۰	۸۹۵۰	۹۵۲.۳۸	۱۱۵۰۹
Π_{SC}	۴۰۲۲.۷۰	۲۲۴۵۰	۸۸۰۹.۵۰	۲۸۴۱۸
فروش مورد انتظار	۱۲۴.۹۰	۱۷۸.۸۸	۱۹۳.۳۱	۲۴۲.۸۸
خرید مورد انتظار	۱۵۵.۱۱	۲۱۱.۳۰	۲۳۱.۶۹	۲۸۸.۴۵
کمبود مورد انتظار	۲۵.۱۰	۲۱.۱۳	۵۶.۶۹	۵۷.۱۲
مازاد مورد انتظار	۳۰.۲۲	۳۲.۴۳	۳۸.۳۷	۴۵.۵۷

در حالت عدم‌انعطاف ($d = u = 0$) خرده‌فروش هر مقداری را که سفارش دهد موظف به خرید آن است (عدم امکان لغو سفارش) و تولیدکننده نیز تعهد تحویل بیشتری را تقبل نمی‌کند. همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، در روش مرسوم در ادبیات، به دلیل پوشش بخشی از عدم قطعیت تقاضا توسط تولیدکننده (در صورت کمتر یا بیشتر بودن تقاضا از مقدار پیش‌بینی، خرده‌فروش می‌تواند ۲۰٪ کمتر یا بیشتر از مقدار پیش‌بینی خود را دریافت کند)، خرده-فروش مقدار سفارش خود را تا حدود ۴۱٪ نسبت به حالت عدم انعطاف افزایش می‌دهد که این افزایش در مقدار سفارش موجب افزایشی به اندازه ۵۱.۵٪ در فروش مورد انتظار خرده‌فروش می‌شود. در نتیجه تحت قرارداد انعطاف مقداری بر اساس روش مرسوم ادبیات، سود زنجیره‌تامین ۴۵٪، سود تولیدکننده ۲۰.۵٪ و سود خرده‌فروش ۲۸۸٪ نسبت به حالت عدم‌انعطاف افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده تأثیر این قرارداد بر افزایش سودآوری زنجیره‌تامین و اعضای آن می‌باشد. علاوه بر آن افزایش بسیار زیاد در سود خرده-فروش نشان‌دهنده انگیزه بسیار بالای این عضو برای شرکت در این قرارداد است. در ادامه، قبل از مقایسه دو روش بهینه (مقاله حاضر) و روش مرسوم ادبیات برخی تفاوت‌ها بین این دو روش ذکر می‌شود.
در روش مرسوم، مقادیر d و u مساوی فرض می‌شوند که با توجه به اینکه در تمامی مثال‌ها $d = ۰.۲$ در نظر گرفته شده‌اند، خواهیم داشت $d = u = 0.2$ که نتایج حاصل در جداول (۴)، (۵) و (۶) نشان داده شده است؛ در مقابل در روش بهینه به واسطه رابطه فرم بسته‌ای که بین دو پارامتر قرارداد به دست آمد (رابطه ۱۷) این امکان وجود دارد که به ازای هر مقدار امکان‌پذیر d، مقدار u بهینه محاسبه گردد.

جدول (۴): مقایسه سه روش بهینه ، مرسوم در ادبیات و عدم انعطاف برای مثال عددی۴

	روش بهینه	روش مرسوم	عدم انعطاف
d	۰.۲	۰.۲	۰
u	۰.۵۷	۰.۲	۰
q_R	۷۳.۷۶	۷۴.۲۶	۵۲.۶۳
q_{SC}	۷۳.۷۶	۹۶.۴۹	۱۱۵.۷۹
Q	۱۱۵.۷۹	۱۱۵.۷۹	۱۱۵.۷۹
Π_M	۱۷۳۶.۸۰	۱۹۰۱.۳۰	۱۵۷۸.۹۰
Π_R	۹۴۷.۳۷	۶۱۳.۸۶	۱۵۷.۸۹
Π_{SC}	۲۶۸۴.۲۰	۲۵۱۵.۱۰	۱۷۳۶.۸۰
فروش مورد انتظار (خرده‌فروش)	۸۲.۲۷	۶۹.۲۶	۴۵.۷۰
خرید مورد انتظار (خرده‌فروش)	۹۰.۹۸	۷۸.۰۸	۵۲.۶۳
کمبود مورد انتظار (خرده‌فروش)	۱۷.۷۳	۳۰.۷۴	۵۴.۲۹
مازاد مورد انتظار (خرده‌فروش)	۸.۷۱	۸.۸۲	۶.۹۲

جدول (۵): مقایسه سه روش بهینه ، مرسوم در ادبیات و عدم انعطاف برای مثال عددی۷

	روش بهینه	روش مرسوم	عدم انعطاف
d	۰.۲	۰.۲	۰
u	۰.۳۴	۰.۲	۰
q_R	۲۰۱.۳۴	۲۰۸.۱۶	۱۷۰
q_{SC}	۲۰۱.۳۴	۲۲۵	۲۷۰
Q	۲۷۰	۲۷۰	۲۷۰
Π_M	۱۳۵۰۰	۱۵۰۱۳	۱۷۰۰۰
Π_R	۸۹۵۰	۷۲۳۲.۷	۴۵۰
Π_{SC}	۲۲۴۵۰	۲۲۲۴۶	۱۷۴۵۰
فروش مورد انتظار (خرده‌فروش)	۱۷۸.۸۸	۱۷۱.۸۰	۱۳۳.۸۸
خرید مورد انتظار (خرده‌فروش)	۲۱۱.۳۰	۲۰۶.۴۶	۱۷۰
کمبود مورد انتظار (خرده‌فروش)	۲۱.۱۳	۲۸.۲۰	۶۶.۱۳
مازاد مورد انتظار (خرده‌فروش)	۳۲.۴۳	۳۴.۶۷	۳۶.۱۳

با توجه به جدول (۴)، روش پیشنهادی مقاله حاضر نسبت به روش مرسوم ادبیات موجب افزایش ۱۹٪ در فروش مورد انتظار و افزایش ۶.۷٪ در سود زنجیره‌تامین در مثال مورد بررسی، شده است. با توجه به نمودار (۱)، با افزایش مقدار پارامتر d، همانطور که انتظار می‌رود، مقدار پارامتر u کاهش می‌یابد. به عبارتی، انعطاف‌پذیری

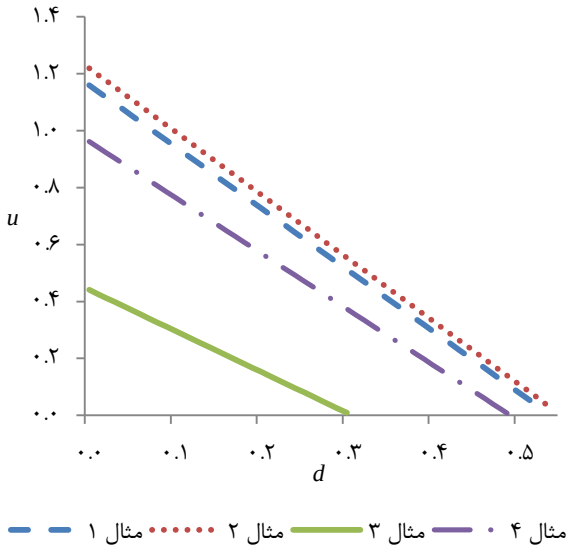
Archive of SID

www.SID.ir

بیشتر برای خرده‌فروش در لغو سفارشات (بیشتر بودن پارامتر تنظیم رو به پایین d) موجب افزایش ریسک موجودی باقیمانده در سایت تولیدکننده خواهد شد و در نتیجه افزایش هزینه تولیدکننده را در پی خواهد داشت؛ در نتیجه، انتظار می‌رود که با افزایش d، تولیدکننده نیز تعهد کمتری برای تحویل کالای مازاد متقبل شود یا به عبارتی انتظار می‌رود که با افزایش d مقدار u کاهش یابد. برای نمونه در مثال۳، اگر $d=۰.۳۱$ آنگاه $u=0$، به ازای $d>۰.۳۱$ مقدار u بر روی صفر ثابت می‌ماند و در نتیجه روابط ۱۶ و ۱۷ برقرار نخواهند بود.

جدول (۶): مقایسه سه روش بهینه، مرسوم در ادبیات و عدم انعطاف برای مثال عددی۹

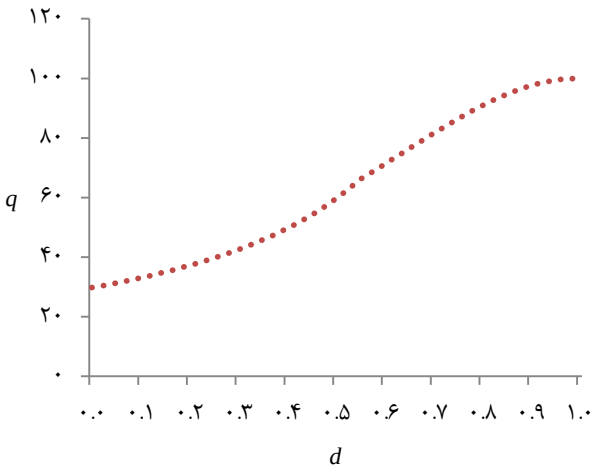
	روش بهینه	روش مرسوم ادبیات	عدم انعطاف
d	۰.۲	۰.۲	۰
u	۰.۱۶	۰.۲	۰
q_R	۲۹۲.۳۲	۲۹۰.۷۷	۲۲۹.۰۹
q_{SC}	۲۹۲.۳۲	۲۸۱.۸۲	۳۳۸.۱۸
Q	۳۳۸.۱۸	۳۳۸.۱۸	۳۳۸.۱۸
Π_M	۱۶۹۰۹	۱۵۷۲۸	۲۲۹۰۹
Π_R	۱۱۵۰۹	۱۲۶۳۷	۵۴.۵۵
Π_{SC}	۲۸۴۱۸	۲۸۳۶۵	۲۲۹۶۴
فروش مورد انتظار (خرده‌فروش)	۲۴۲.۸۸	۲۴۷.۴۷	۱۸۵.۳۶
خرید مورد انتظار (خرده‌فروش)	۲۸۸.۴۵	۲۹۲.۵۶	۲۲۹.۰۹
کمبود مورد انتظار (خرده‌فروش)	۵۷.۱۲	۵۲.۵۳	۱۱۴.۶۴
مازاد مورد انتظار (خرده‌فروش)	۴۵.۵۷	۴۵.۰۹	۴۳.۷۴



نمودار (۱): تأثیر پارامتر d بر روی پارامتر u

با توجه به نمودار (۲)، با انعطاف بیشتر برای لغو سفارشات (افزایش d)، مقدار سفارش خرده‌فروش افزایش خواهد یافت، و زمانی که مقدار d به یک نزدیک می‌شود به این معنی است که خرده‌فروش می‌تواند کل سفارش خود را لغو کند؛ بنابراین، از آنجاکه خرده‌فروش تعهدی برای خرید سفارش اولیه خود ندارد، مقدار سفارش خرده‌فروش به حداکثر تقاضای ممکن یعنی T_2 نزدیک می‌شود.

مجموعه‌ای از تحلیل‌ها به منظور بررسی تأثیرات پارامترهای هزینه‌ای بر روی مدل انجام شده است. تأثیر تغییرات پارامترهای s و b بر روی مقادیر u، اندازه سفارش، سود تولیدکننده، سود خرده‌فروش و سود کل زنجیره‌تامین بررسی شده است. به منظور انجام این تحلیل‌ها، فرض شده است که $d=۰.۲$. قابل ذکر است که با توجه به رابطه (۱۷) یک رابطه یک به یک بین d و u برقرار است و در نتیجه این مقدار اختیاری می‌تواند به هر مقدار دیگری در بازه امکان‌پذیر d (یعنی $0 \le d \le 1$) تغییر یابد بدون اینکه خللی به تحلیل‌ها وارد شود.



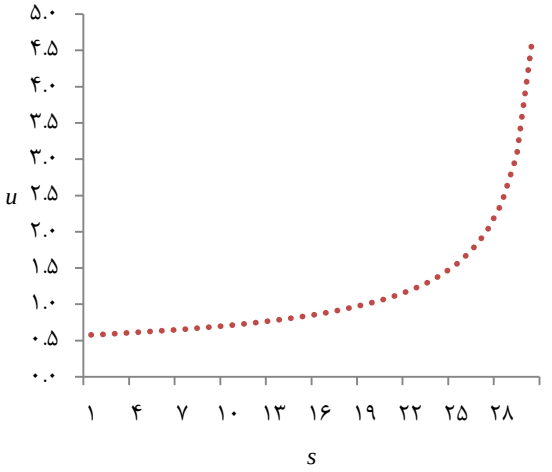
نمودار (۲): تأثیر پارامتر d بر روی پارامتر q در مثال عددی۲

با توجه به نمودار (۳)، با افزایش ارزش اسقاط s، مقدار پارامتر u افزایش می‌یابد. به عبارتی، با افزایش ارزش اسقاطی از آنجا که ریسک هزینه کالایی مازاد در سایت تولیدکننده کاهش پیدا می‌کند در نتیجه می‌توان انتظار داشت که تولیدکننده تعهد تأمین بیشتری را متقبل شود.

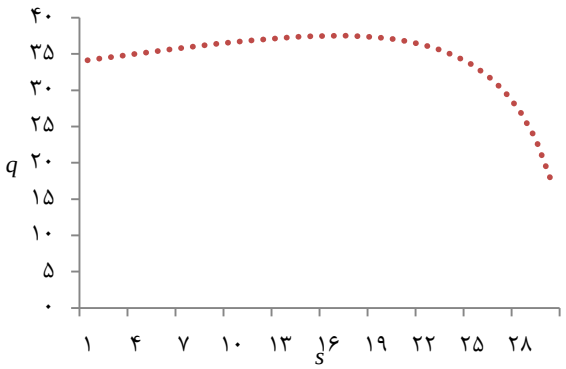
با توجه به نمودار (۳)، از آنجا که با افزایش ارزش اسقاط s، مقدار پارامتر u افزایش می‌یابد و تولیدکننده تعهد تأمین بیشتری را برای خرده‌فروش متقبل می‌شود، بنابراین خرده‌فروش مقدار سفارش خود را کاهش می‌دهد و در صورت نیاز از انعطاف ارائه شده از طرف تولیدکننده استفاده می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار (۳): تأثیر پارامتر s بر روی پارامتر u در مثال عددی۲



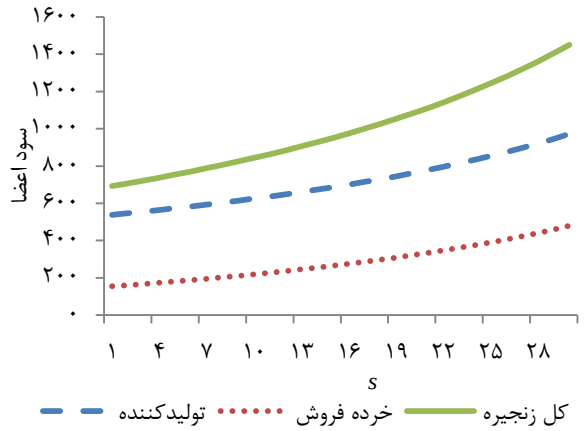
نمودار (۴): تأثیر پارامتر s بر روی پارامتر q در مثال عددی۲

با توجه به نمودار (۵)، با افزایش ارزش اسقاط s، سود اعضا و همچنین کل زنجیره‌تامین افزایش می‌یابد.

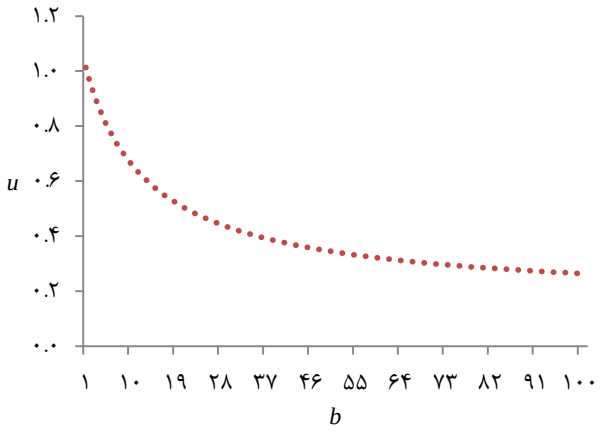
با افزایش هزینه کمبود b، خرده‌فروش برای اینکه متحمل هزینه کمبود کمتری شود (مقابله با کمبود احتمالی)، مقدار سفارش خود را افزایش می‌دهد (نمودار۷). بنابراین با توجه به افزایش مقدار سفارش، نیاز به تعهد تأمین کمتری از طرف تولیدکننده خواهد داشت (در مقابل مایل به لغو سفارش خود در صورت نیاز است، یا به عبارتی افزایش پارامتر d) از این جهت مقدار u کاهش می‌یابد.

با توجه به توضیحات نمودار (۶)، با افزایش هزینه کمبود b، مقدار سفارش خرده‌فروش افزایش می‌یابد.

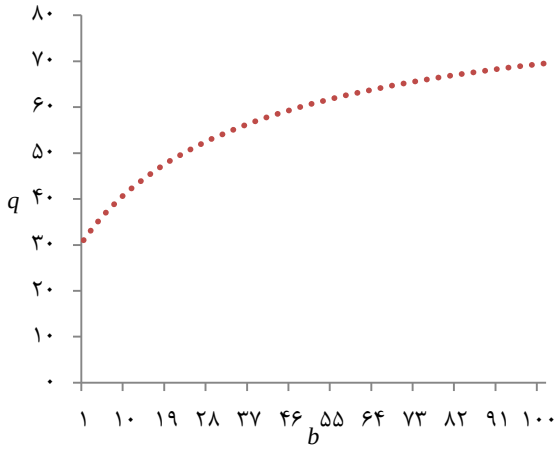
با توجه به نمودار (۸)، با افزایش هزینه کمبود b، سود تولیدکننده افزایش می‌یابد (زیرا سفارش خرده‌فروش افزایش می‌یابد) و همچنین سود خرده‌فروش و کل زنجیره کاهش می‌یابد. با توجه به نمودارهای (۹) و (۱۰)، با افزایش قیمت خرده‌فروشی p و ارزش اسقاط s، مقادیر فروش و خرید مورد انتظار افزایش می‌یابند.



نمودار (۵): تأثیر پارامتر s بر سود اعضای زنجیره‌تامین در مثال عددی۲

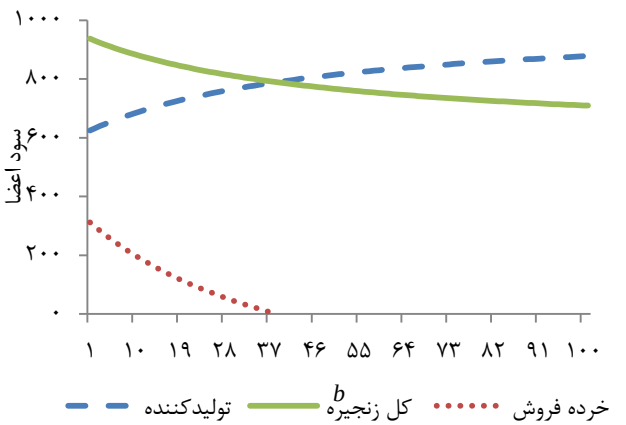


نمودار (۶): تأثیر پارامتر b بر روی پارامتر u در مثال عددی۲

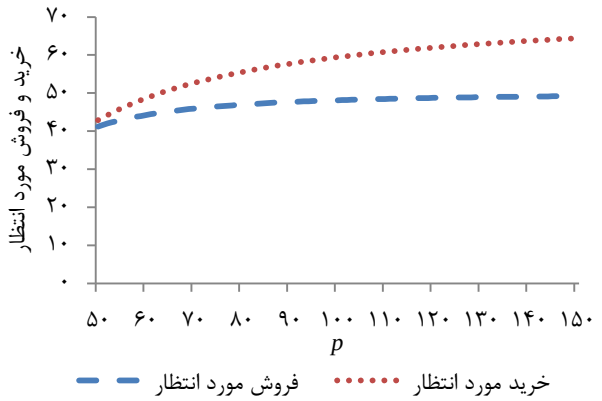


نمودار (۷): تأثیر پارامتر b بر روی پارامتر q در مثال عددی۲

www.SID.ir

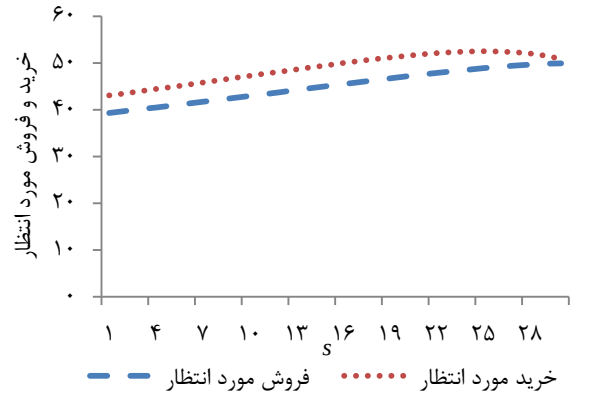


نمودار (۸): تأثیر پارامتر b بر سود اعضای زنجیره‌تامین در مثال ۲



نمودار (۹): تأثیر پارامتر p بر مقادیر فروش مورد انتظار و خرید مورد انتظار در مثال عددی۲

همه مثال‌های عددی حل شده نشان‌دهنده برتری مدل و روش حل ارائه‌شده در این مقاله نسبت به ادبیات هستند. نهایتاً بر اساس تحلیل حساسیت مدل نسبت به پارامترهای کلیدی می‌توان گفت که مدل در مقابل تغییر پارامترها منطقی رفتار می‌کند و همچنین بر اساس مقایسه انجام‌شده بین مدل پیشنهادی و روش مرسوم در ادبیات و همچنین حالت عدم انعطاف می‌توان گفت که مدل بهتر از روش‌های قبلی عمل می‌کند.



نمودار (۱۰): تأثیر پارامتر s بر روی مقادیر فروش مورد انتظار و خرید مورد انتظار در مثال عددی۲

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

در این مقاله یک زنجیره‌تامین دو سطحی و تک کالایی، با یک خرده‌فروش و یک تولیدکننده درحالی‌که تقاضای بازار از توزیع یکنواخت پیروی می‌کند بررسی شده است. در بسیاری از صنایع به دلیل زمان تولید بالا، تولیدکننده مجبور به شروع فرآیند تولید مدت‌ها قبل از شروع فصل فروش است، و در این شرایط تولیدکننده با این مشکل روبرو است که چه مقدار تولید کند و این در حالی است که خرده‌فروشان نیز تعهدی برای سفارش قبل از موعد نمی‌پذیرند. در این شرایط یک قرارداد انعطاف مقداری می‌تواند راهگشا باشد. بر این اساس در این مقاله یک قرارداد انعطاف مقداری برای هماهنگ‌سازی زنجیره‌تامین و همچنین تسهیم ریسک نامعینی تقاضا بین دو عضو زنجیره‌تامین مورد استفاده قرار گرفت و نشان داده شد که قرارداد پیشنهادی قادر به هماهنگ‌سازی مقدار سفارش در زنجیره مورد بررسی است. نوآوری اصلی این مقاله در ارائه یک رویکرد جدید برای تعیین حدود بالا و پایین سفارش در قرارداد انعطاف مقداری قابل‌تعریف است؛ بر این اساس، یک رابطه فرم بسته بین دو پارامتر قرارداد ارائه شده است به طوری که به ازای هر مقدار در بازه امکان‌پذیر برای پارامتر تنظیم رو به پایین، می‌توان یک مقدار بهینه برای پارامتر تنظیم رو به بالا به دست آورد به نحوی که تضمین‌کننده سود بیشتر برای هر دو عضو زنجیره باشد؛ در ادامه برای اعتبارسنجی مدل ارائه شده، مجموعه‌ای از تحلیل‌ها بر روی پارامترهای مدل انجام شده، که نشان می‌دهد با افزایش انعطاف برای لغو سفارشات یا به عبارتی کاهش تعهد خرده‌فروش، تعهد تولیدکننده به تحویل بیشتر کاهش می‌یابد. از آنجا که ارائه انعطاف از سوی تولیدکننده باعث افزایش ریسک هزینه کالایی مازاد در سایت تولیدکننده و همچنین کاهش حاشیه سود تولیدکننده می‌شود، به عنوان تحقیقات آتی می‌توان برون‌سپاری بخشی از تولید تولیدکننده را بررسی کرد.

۶- تقدیر و تشکر

از حمایت مالی دانشگاه تهران از این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۲۹۹۱۷/۰۱/۰۱ قدردانی می گردد.

منابع

[۱] رسولی، نادیا؛ نخعی کمال آبادی، عیسی؛ محمدی پور، هیرش. (۱۳۹۲). قیمت‌گذاری و کنترل موجودی توأم برای کالاهای فصلی و جایگزین. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۲(۱): ۸۵-۹۵.

[2] Tsay, A. A. (1999). “The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives”, Management science, 45(10): 1339-1358.

Archive of SID

www.SID.ir

[3] Cachon, G. P. (2003). "Supply chain coordination with contracts", Handbooks in operations research and management science, 11: 227-339.
[4] Hart, O. D. (1983). "The market mechanism as an incentive scheme". The Bell Journal of Economics, 366-382.
[5] Nahmias, S., Smith, S. A. (1994). "Optimizing inventory levels in a two-echelon retailer system with partial lost sales", Management Science 40(5): 582-596.
[6] Xu, L., Beamon, B. M. (2006). "Supply chain coordination and cooperation mechanisms: an attribute-based approach", Journal of Supply Chain Management 42(1): 4-12.
[7] Arshinder, K. (2008). "An integrative framework for supply chain coordination."Unpublished doctoral thesis, Indian Institute of Technology Delhi, New Delhi.
[8] Arshinder, K., Kanda A., Deshmukh S. (2011). "A review on supply chain coordination: coordination mechanisms, managing uncertainty and research directions", Supply chain coordination under uncertainty, Springer, 39-82
[9] Li, X., Wang, Q. (2007). "Coordination mechanisms of supply chain systems", European journal of operational research, 179: 1-16.
[10] Bassok, Y., Bixby, A., et al. (1997), "Design of component-supply contract with commitment-revision flexibility", IBM journal of research and development, 41(6): 693-703.
[11] Wang, Q., Tsao, D.-B. (2006), "Supply contract with bidirectional options: the buyer's perspective", International Journal of Production Economics, 101(1): 30-52.
[12] Miltenburg, J., Pong, H. (2007). "Order quantities for style goods with two order opportunities and Bayesian updating of demand. Part I: no capacity constraints", International Journal of Production Research, 45(7): 1643-1663.
[13] Lian, Z., Deshmukh D. A. (2009). "Analysis of supply contracts with quantity flexibility", European Journal of Operational Research, 196(2): 526-533.
[14] Kim, W. S. (2011). "Order quantity flexibility as a form of customer service in a supply chain contract model", Flexible services and manufacturing journal, 23(3): 290-315.
[15] Kim, J. S., Park, S. I., et al. (2014). "A quantity flexibility contract model for a system with heterogeneous suppliers", Computers & Operations Research. 41: 98-108.
[16] Tsay, A. A. and Lovejoy, W. S. (1999), "Quantity flexibility contracts and supply chain performance", Manufacturing & Service Operations Management, 1(2): 89-111.
[17] Karakaya, S. and Bakal, I.S. (2013). "Joint quantity flexibility for multiple products in a decentralized supply chain", Computers & Industrial Engineering, 64(2): 696-707.
[18] Mahajan, S. A. (2014). "quantity flexibility contract in a supply chain with price dependent demand", OPSEARCH, 51(2): 219-234.
[19] Kim, G., Wu., C.-H. (2013), "Scenario aggregation for supply chain quantity-flexibility contract" International Journal of Systems Science, 44(11): 2166-2182.
[20] Hu, F., Lim, C.-C., Lu, Z. (2013). "Coordination of supply chains with a flexible ordering policy under yield and demand uncertainty", International Journal of Production Economics, 146(2): 686-693.
[21] Chung, W., Talluri S., Narasimhan. R. (2014). "Quantity Flexibility Contract in the Presence of Discount Incentive", Decision Sciences, 45(1): 49-79.
[22] Li, X. (2015). "A Quantity-Flexibility Contract in Two-Stage Decision with Supply Chain Coordination", International Conference on Computational Intelligence and Security (CIS). IEEE.
[23] Bicer, I., Hagspiel. V. (2016). "Valuing quantity flexibility under supply chain disintermediation risk." International Journal of Production Economics, 180: 1-15.
[24] Knoblich, K., Heavey, C., Williams, P. (2015). "Quantitative analysis of semiconductor supply chain contracts with order flexibility under demand uncertainty: A case study", Computers & Industrial Engineering, 87: 394-406.
[25] Kim, W.-S. (2013). "A supply chain contract with flexibility as a risk-sharing mechanism for demand forecasting", International Journal of Systems Science, 44(6): 1134-1149.
[26] Chopra, S., en Meindl, P. (2007). "Supply Chain Management Strategy, Planning and Operations Third Edition", Upper Saddle River New Jersey USA, Pearson Prentice Hall.
[27] Yihe, B., Yanchong, G. (2011). "A Revised Quantity Flexibility Contract Model for Three-level Supply Chain." Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII), International Conference.

Archive of SID

www.SID.ir

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Autumn and Winter 2017, Volume 4, No.8, pp.119-131
www.ier.basu.ac.ir

Coordination of Ordering and Production Policies in A Two-Level Newsvendor Model Under Quantity Flexibility Contract

H. Ebrahiminasab[1], J. Heydari[1,*], A. Taleizaheh[1]

[1] Department of Industrial Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received 23 January 2016
Accepted 23 November 2016

***Keywords*:**

Supply chain coordination
Supply chain contract
Centralized decision-making
Quantity flexibility contract

ABSTRACT

In this paper, a two-stage newsvendor model with one type of product in presence of stochastic demand under quantity flexibility (QF) contract is investigated. Under the proposed model, the manufacturer allows the retailer to update its order size upward or downward. Under this mechanism, the manufacturer is committed to provide a certain level more than the retailer's primary order to deliver when large demand is observed; in addition, the retailer has the authority to cancel a limited amount of its initial order in the beginning of selling season when the observed demand is small. Under these circumstances, overstocking/shortage risks are shared between two members. By sharing risks, it will be possible to optimize decisions globally. In this paper, a new approach for optimal adjustment of QF parameters (i.e. upward and downward adjustment parameters) is developed. Expected profit functions of both channel members under QF contract is mathematically modeled and optimal closed-form relationship between upward and downward adjustment parameters is determined. The obtained closed-form relation guarantees more profit for the whole supply chain and at the same time assures more profit for both channel members. Under the proposed model, both members benefit from the coordinated decision making while risk of demand uncertainty is shared. Our investigations revealed that increasing flexibility on cancelling initial order causes less flexibility of the manufacturer in providing more products. On the other hand, decrease of cancelling flexibility results in more flexibility for oversupply volume.

* Corresponding author. Jafar Heydari
Tel.: 021-82084489; *E-mail address: j.heydari@ut.ac.ir*

Archive of SID

www.SID.ir