مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۳۹۲)
دوره‌ی ۱ - ۲۹، شماره‌ی ۲، ص. ۹۳-۱۰۳

Original Article

مدل‌سازی و تحلیل حساسیت سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده براساس نظریه‌ی بازی استاکلبرگ و با فرض رهبر بودن تولیدکننده

یحیی زارع مهرجردی * **(دانشیار)**
محمدصابر فلاح‌نژاد (استادیار)
حسن رسایی (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه یزد

زنجیره‌ی تأمینی را در نظر بگیرید که شامل یک تولیدکننده و چندین خرده‌فروش است و تولیدکننده از رویکرد مدیریت موجودی توسط فروشنده برای کنترل موجودی در زنجیره‌ی تأمین استفاده می‌کند. در این زنجیره تولید یک محصول مورد نظر است و تقاضا برای این محصول در بازار خرده‌فروش‌ها تابعی کاهشی از قیمت است. در این نوشتار طبق نظریه‌ی بازی استاکلبرگ و با فرض رهبر بودن تولیدکننده، به مدل‌سازی و تحلیل این زنجیره‌ی تأمین خواهیم پرداخت. مشخصاً مدل زنجیره‌ی تأمین را در حالت متمرکز و غیر متمرکز ارائه خواهیم داد. پس از مقایسه‌ی ساختارهای متمرکز و غیر متمرکز زنجیره‌ی تأمین با تولید مقادیر تصادفی برای پارامترهای مدل‌ها، به تحلیل‌های عمیقِ سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده خواهیم پرداخت.

واژگان کلیدی: مدیریت موجودی توسط فروشنده، نظریه‌ی بازی‌ها، بازی استاکلبرگ، زنجیره‌ی تأمین متمرکز، زنجیره‌ی تأمین غیر متمرکز.

yazm2000@yahoo.com
saber9876@yahoo.com
hasan.rasay@gmail.com

۱. مقدمه

در یک دسته‌بندی کلی، ساختار زنجیره‌های تأمین را می‌توان به متمرکز[۱] و غیر متمرکز[۲] تقسیم کرد.[۱] در ساختار متمرکز چنین فرض می‌شود که یک تصمیم‌گیرنده مرکزی به تمام اطلاعات لازم برای بهینه‌شدن سیستم دسترسی دارد. در واقع زنجیره‌ی تأمین متمرکز حالت ایده‌آلی است که در آن سود کل زنجیره بیشینه است. در ساختار غیر متمرکز هر کدام از عوامل زنجیره‌ی تأمین تلاش می‌کنند عملکرد خود را صرف‌نظر از عملکرد سایر اجزاء بهینه کنند. این رویکرد منجر به اثر نهایی‌سازی دوجانبه[۳] و اثر شلاق چرمی[۴] می‌شود که عملکرد زنجیره‌ی تأمین را تضعیف می‌کند.[۲و۳] اگر عملکرد سیستم زنجیره‌ی تأمین در حالت غیرمتمرکز با عملکرد آن در حالت متمرکز یکسان باشد می‌گوییم که زنجیره‌ی تأمین به‌طور کامل هماهنگ[۵] است.[۴] بنابراین طراحی قراردادها و استراتژی‌های مختلف برای نزدیک‌کردن عملکرد زنجیره‌ی تأمین غیر متمرکز به حالت متمرکز حائز اهمیت است.

یکی از استراتژی‌های طراحی شده که در دو دهه‌ی اخیر مورد توجه قرار گرفته، مدیریت موجودی توسط فروشنده است. این مدیریت یک سیستم بازپرسازی کششی[۶] است که تأمین‌کننده (فروشنده) را به پاسخگویی سریع به تقاضای واقعی قادر می‌سازد. مدیریت موجودی توسط فروشنده سطح بالایی از مشارکت بین فروشنده و خرده‌فروش را بروز می‌دهد که در آن فروشنده تصمیم‌گیرنده‌ی اصلی درمورد کنترل موجودی است. تحت این رویکرد، فروشنده درمورد سطوح مناسب موجودی هرکدام از محصولات و رویکرد مناسب برای کنترل این سطح تصمیم‌گیری می‌کند.[۵]

شراکت در این سیستم دارای دو جزء اصلی است: ۱. مدیریت موجودی توسط فروشنده مبتنی بر رویکرد متمرکز کنترل موجودی توسط فروشنده و با همکاری خرده‌فروش‌هاست؛ ۲. فروشنده می‌تواند به اطلاعات مربوط به بازار مصرف و موجودی‌های خرده‌فروشان دسترسی پیدا کند.[۶] براساس این رویکرد اجزاء پایین‌دستی[۷] زنجیره‌ی تأمین (خرده‌فروش‌ها یا توزیع‌کنندگان) اطلاعات مربوط به تقاضا و قیمتِ فروش کالاهای خود را در اختیار قسمت‌های بالادستی[۸] زنجیره‌ی تأمین (فروشندگان، تولیدکننده یا تأمین‌کننده) قرار می‌دهند و در عوض، فروشنده وظیفه‌ی کنترل موجودی خرده‌فروشان را به عهده می‌گیرد. با این استراتژی، خرده‌فروش‌ها از تمام هزینه‌های موجودی یا بخشی از آن معاف شده و از طرفی دیگر فروشنده (تولیدکننده) با در اختیار داشتن تقاضای مشتریانِ نهایی زنجیره‌ی تأمین، می‌تواند برنامه‌ریزی تولید و حمل‌ونقل خود را به‌طور قابل توجهی بهبود دهد. لازم به ذکر است هرگاه از استراتژی مدیریت موجودی توسط فروشنده یاد می‌شود منظور از فروشنده، جزئی از زنجیره‌ی تأمین است که عهده‌دار وظیفه‌ی کنترل موجودی است و بسته به ساختار زنجیره‌ی تأمین مورد بررسی، ممکن است یک تولیدکننده، تأمین‌کننده‌ی

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۰/۲/۲۶، اصلاحیه ۱۳۹۰/۱۲/۲، پذیرش ۱۳۹۱/۱/۲۹.

مواد اولیه، فروشنده، یا توزیع‌کننده‌ی عمده باشد. برای روشن شدن موضوع به دو رویکرد توجه کنید:

الف) مدل سنتی صدور سفارش

هرگاه توزیع‌کننده به محصول نیاز داشته باشد یک سفارش به تولیدکننده صادر می‌کند. توزیع‌کننده بر زمان و میزان سفارش کنترل کامل دارد و نیز سطح موجودی را نگه می‌دارد.

ب) مدیریت موجودی و صدور سفارش توسط فروشنده

تولیدکننده اطلاعات الکترونیکی را از طریق سیستم تبادل الکترونیکی داده‌ها[9] یا اینترنت دریافت می‌کند که به او سطح موجودی و میزان فروش توزیع‌کننده را نشان می‌دهد. تولیدکننده مسئول ایجاد طرحی برای کنترل موجودی و همچنین حفظ سطح موجودی است. در این رویکرد تولیدکننده عهده‌دار صدور سفارشات است، نه توزیع‌کننده.

سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده سال‌هاست که به‌طور گسترده توسط بسیاری از صنایع پذیرفته شده است. همکاری بین شرکت‌های والمارت[10] و (P&G)[11] نمونه‌ی موفقیت‌آمیزی از اجرای این رویکرد است. در سال ۱۹۸۵ مشارکت بین این دو شرکت، موجب افزایش چشم‌گیر تحویل‌های به‌موقع P&G و فروش والمارت شد. گردش موجودی هر دو طرف نیز ۳۰٪ افزایش یافت.[۷] مدیریت موجودی توسط فروشنده، علاوه بر صنایع خرده‌فروش، در شرکت‌های شیمیایی بزرگ نیز به‌منظور افزایش کارایی زنجیره‌ی تأمین و بهبود روابط با مشتریان و تأمین‌کنندگان پذیرفته شده است.[۸] صنایع با تکنولوژی بالا مانند Dell، HP و ST از این رویکرد برای کاهش سطح موجودی‌ها و هزینه‌هایشان استفاده می‌کنند.[۹] شرکت Barilla، مدیریت موجودی توسط فروشنده را در سال ۱۹۸۸ پذیرفت و منجر به کاهش سطح موجودی‌های خرده‌فروشان تا نزدیک ۵۰٪ شد و در سال ۱۹۹۰ به بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی پاستا[12] در جهان تبدیل شد. این شرکت ۳۵٪ فروش پاستای ایتالیا و ۲۲٪ فروش پاستای اروپا را در اختیار دارد.[۱۰]

زنجیره‌ی تأمین مورد نظر در این نوشتار شامل یک تولیدکننده و چندین خرده‌فروش است و تولیدکننده از رویکرد مدیریت موجودی توسط فروشنده بهره می‌برد. در این زنجیره تولید یک محصول مورد نظر است و تقاضا تابعی کاهشی از قیمت است. مدل‌سازی و تحلیل این سیستم در حالتی که تولیدکننده یا یکی از خرده‌فروش‌ها رهبر باشند براساس نظریه‌ی بازی استاکلبرگ، توسط نویسندگان مختلف انجام شده است.[۶،۱۱و۱۲] با این حال خلاءهای موجود در کار این نویسندگان ما را به نوشتن این مقاله ترغیب کرد: ۱. تمامی تحلیل‌های انجام‌شده قبلی، بر این فرض مبتنی بوده که تولیدکننده محصولش را با قیمت یکسان به خرده‌فروش‌ها می‌فروشد. (در قسمت‌های بعد تأثیر چشم‌گیر متفاوت بودن قیمت‌های فروش تولیدکننده را ملاحظه خواهید کرد). ۲. ساختار زنجیره‌ی تأمین غیر متمرکز با ساختار زنجیره‌ی تأمین متمرکز به‌صورت گسترده مقایسه نشده است. لازم به ذکر است که می‌توان از زنجیره‌ی تأمین متمرکز و عملکرد آن برای سنجش عملکرد زنجیره‌های غیر متمرکز استفاده کرد.[۱۳] ۳. تأثیر پارامترهای مدل بر عملکرد زنجیره‌ی تأمین و سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده به‌صورت گسترده تحلیل نشده است. ۴. علیرغم استفاده از فرضیات مختلف در مدل‌سازی‌های قبلی، این فرضیات به‌صراحت بیان نشده‌اند.

در ادامه‌ی این نوشتار، در بخش ۲ مقدمه‌یی درمورد نظریه‌ی بازی‌ها (با تمرکز بر بازی استاکلبرگ) ارائه خواهد شد. در بخش ۳ نمادها و فرضیات مورد استفاده در مقاله و مدل‌سازی‌ها بیان می‌شود. در بخش ۴ و ۵ به‌ترتیب زنجیره‌های تأمین متمرکز و غیر متمرکز را مدل‌سازی می‌کنیم و در بخش ۶ به تحلیل حساسیت سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده خواهیم پرداخت. در بخش ۷ عملکرد زنجیره‌ی تأمین در حالت غیر متمرکز با حالت متمرکز مقایسه شده و سرانجام در بخش ۸ نتیجه‌گیری نهایی ارائه خواهد شد.

۲. نظریه‌ی بازی‌ها و بازی استاکلبرگ

«نظریه‌ی بازی‌ها» ابزار مؤثری برای تحلیل زنجیره‌های تأمین با عوامل مختلف و اهداف متضاد است. نظریه‌ی بازی‌ها به تحلیل موقعیت‌هایی می‌پردازد که در آن تصمیم عوامل مختلف بر سود سایر عوامل تأثیر می‌گذارد؛ در واقع نظریه‌ی بازی‌ها به بررسی مسائل بهینه‌سازی تعاملی[13] می‌پردازد.[۱۴]

بازی‌ها ابعاد بسیار متفاوتی دارند و به‌همین دلیل می‌توان دسته‌بندی‌های متفاوتی از نظریه‌ی بازی‌ها ارائه داد: بازی‌های ایستا[14] و پویا[15]، بازی‌های مشارکتی[16] و غیر مشارکتی[17]، بازی با مجموع صفر[18] و غیر صفر، بازی با اطلاعات کامل[19] یا با اطلاعات ناقص[20] و... از این جمله‌اند. بازی‌های ایستا و پویا در یک طبقه‌بندی قرار می‌گیرند. در بازی‌های ایستا، بازیکنان استراتژی‌های خود را هم‌زمان انتخاب می‌کنند؛ این هم‌زمانی الزاماً به این معنا نیست که بازیکنان باید در یک زمان تصمیم بگیرند بلکه بیشتر به این مفهوم است که هرکدام از بازیکنان در زمان انتخاب استراتژی خود از تصمیم سایر بازیکنان بی‌اطلاع‌اند. در بازی‌های پویا بازیکنان استراتژی‌های خود را به‌صورت متوالی انتخاب می‌کنند و هر بازیکن باید بعد از انتخاب بازیکن قبلی، انتخاب خود را انجام دهد.[۱۴] شاید ساده‌ترین نوع بازی پویا را بتوان بازی استاکلبرگ دانست. در مدل استاکلبرگ، بازیکنِ یک (رهبر[21] بازی) در مرحله‌ی اول استراتژی خود را انتخاب می‌کند و بازیکنِ دو (پیرو[22] بازی) با مشاهده‌ی این تصمیم استراتژیش را انتخاب می‌کند. از آنجا که در بسیاری از مدل‌های زنجیره‌ی تأمین، اجزاء بالادستی زنجیره (به‌عنوان مثال عمده فروشان) نسبت به قسمت‌های پایین‌دستی از قدرت بیشتری برخوردارند، مفهوم بازی استاکلبرگ کاربرد زیادی در زنجیره‌ی تأمین پیدا کرده است.[۱۴] هنگامی که زنجیره‌ی تأمین تحت تسلط یکی از اجزاء ــ به‌عنوان مثال تأمین‌کننده ــ باشد به‌صورت مدل استاکلبرگ، و هنگامی که قدرت اجزاء زنجیره‌ی تأمین یکسان باشد به‌صورت بازی با حرکت هم‌زمان مدل‌سازی می‌شود.[۱۵] منظور از قدرت در زنجیره‌ی تأمین توانایی تأثیرگذاری/کنترل تصمیمات یکی از اجزاء بر تصمیم سایر اجزاء زنجیره است.[۴]

نویسندگان زیادی از نظریه‌ی بازی‌ها، به‌ویژه بازی استاکلبرگ، برای تحلیل زنجیره‌ی تأمین استفاده کرده‌اند. شاخه‌های مختلف این نظریه و کاربرد آن در تحلیل زنجیره‌ی تأمین به‌طور گسترده مورد تحلیل قرار گرفته است.[۱۶] علاوه بر این، کاربرد نظریه‌ی بازی‌ها در مدیریت زنجیره‌ی تأمین نیز تحلیل و بررسی شده است.[۱۷و۱۸] علاوه بر مرور کلی کاربرد نظریه‌ی بازی‌ها در زنجیره‌ی تأمین، محققان بسیاری از این نظریه برای تحلیل زنجیره‌ی تأمین استفاده کرده‌اند. آنان از نظریه‌ی بازی استاکلبرگ برای تحلیل سیستم مدیریتِ موجودی توسط فروشنده، در حالتی که تولیدکننده رهبر بازی باشد، استفاده کرده‌اند.[۶] همچنین از نظریه‌ی بازی استاکلبرگ برای مقایسه‌ی سیستم مدیریتِ موجودی توسط فروشنده در حالتی که تولیدکننده رهبر بازی باشد با موقعیتی که یکی از خرده‌فروش‌ها رهبر و تولیدکننده و سایر خرده‌فروش‌ها پیروان وی باشند بهره برده‌اند.[۱۱] برخی از محققین ضمن تحلیل زنجیره‌ی تأمینی که در آن تأمین‌کننده دارای قدرت بیشتری باشد، براساس بازی استاکلبرگ، به مقایسه‌ی عملکرد زنجیره‌ی تأمین متمرکز و غیر متمرکز پرداخته‌اند،

اگرچه استراتژی مدیریت موجودی توسط فروشنده مورد نظر آنها نبوده است.[۱۵] در بررسیِ زنجیره‌ی تأمینِ شامل یک تأمین‌کننده و یک فروشنده، در حالی که تقاضا تابعی کاهشی از قیمت است، از بازی استاکلبرگ برای تحلیل زنجیره‌ی تأمین استفاده شد و قراردادهای تخفیف قیمت و فرانشیز[۲۳] را برای ایجاد هماهنگی در زنجیره‌ی تأمین به کار گرفتند.[۱۹]

علاوه بر بازی استاکلبرگ، شاخه‌های دیگر این نظریه نیز برای تحلیل زنجیره‌ی تأمین مورد استفاده قرار گرفته است. از بازی نش برای تحلیل سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده استفاده شد. زنجیره‌ی تأمین مورد بررسی سه‌سطحی و شامل چندین تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و چندین خرده‌فروش است. چگونگی روند تکامل سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده، با استفاده از مفهوم بازی‌های تکاملی مورد بررسی قرار گرفت و طبق نتیجه‌ی حاصله، در مراحل اولیه‌ی تکامل سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده ممکن است تأمین‌کننده با کاهش سود مواجه شود،[۲۰] اما با گذشت زمان، تمام شرکاء این سیستم متنفع می‌شوند. از رویکرد چانه‌زنی[۲۴] نیز برای تحلیل سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده که شامل یک فروشنده و یک خرده‌فروش است بهره گرفته‌شد.[۱۳] و دو سناریوی مختلف در اجرای سیستم فوق بررسی شد.

در این نوشتار ما فرض کرده‌ایم که تولیدکننده رهبر بازی، و سایر بازیکنان (خرده‌فروش‌ها) پیروان وی هستند. بنابراین مسئله را به‌صورت بازی استاکلبرگ مدل‌سازی کرده‌ایم و تحلیل‌های عمیقی درمورد سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده ارائه خواهیم داد.

۳. فرضیات و نمادها

۱.۳. نمادهای به کارگرفته شده در مقاله

وضعیت الف: بیانگر وضعیتی است که تولیدکننده محصول را با قیمت یکسان به تمام خرده‌فروش‌ها می‌فروشد.

وضعیت ب: بیانگر وضعیتی است که تولیدکننده محصول را با قیمت متفاوت به خرده‌فروش‌ها می‌فروشد.

n: تعداد خرده‌فروش‌ها در زنجیره‌ی تأمین.

i: اندیس مربوط به خرده‌فروش‌ها، $i = ۱, ۲, ..., n$.

Φ_i: هزینه حمل محصول از تولیدکننده به خرده‌فروش iام (\$/unit).

cm: هزینه‌های تولید هر واحد محصول (\$/unit).

H_{bi}: هزینه‌های نگه‌داری محصول در انبار خرده‌فروش iام (\$/unit/time).

H_p: هزینه‌های نگه‌داری موجودی در انبار تولیدکننده (\$/unit/time).

L_{bi}: هزینه‌های سفارشات تاخیر شده در انبار خرده‌فروش iام (\$/unit/time).

e_i: کشش قیمت نسبت به تقاضا برای خرده‌فروش iام.

k_i: مقیاس بازار برای خرده‌فروش iام (\$/time).

R: نرخ تولیدِ تولیدکننده (unit/time).

$D_i(p_i)$: نرخ تقاضا برای خرده‌فروش iام که تابعی از قیمت کالا p_i است (unit/time).

S_{bi}: هزینه‌های ثابت سفارش‌دهی مربوط به خرده‌فروش iام (\$/order).

S_p: هزینه‌های ثابت سفارش‌دهی در هر سیکل بازپرسازی عادی برای تولیدکننده (\$/Set up).

ζ_i: هزینه‌های موجودی که خرده‌فروش iام به تولیدکننده پرداخت می‌کند (\$/unit/time).

π_m: سود تولیدکننده (\$/time).

π_i: سود خرده‌فروش iام (\$/time).

π_t: سود کل سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده (شامل سود تولیدکننده و مجموع سود خرده‌فروش‌ها) (\$/time).

۱.۱.۳. متغیرهای تصمیم تولیدکننده

b_i: درصد از زمان که انبارخرده‌فروش i خالی از موجودی است.

C: سیکل بازپرسازی عادی برای تولیدکننده.

x: متغیر صفر و ۱؛ در حالتی که ظرفیت تولید مازاد باشد (بیشتر از تقاضا باشد) مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

cp: قیمت عمده‌فروش (\$/unit).

۲.۱.۳. متغیر تصمیم خرده‌فروش

p_i: قیمت خرده‌فروش (\$/Unit).

۲.۳. فرضیات مدل مورد بررسی

تحلیل‌ها و مدل‌های ارائه شده در این نوشتار بر فرضیات زیر مبتنی هستند:

۱. یک تأمین‌کننده داریم و چند خرده‌فروش. تأمین‌کننده، تولیدکننده‌یی است که یک نوع محصول را با نرخ تولیدِ ثابت و محدود تولید می‌کند. خرده‌فروش‌ها از هم مستقل‌اند و در فروش محصول با هم رقابت نمی‌کنند (به‌عنوان مثال در نواحی جغرافیایی مختلفی قرار دارند). نرخ تقاضا برای هر خرده‌فروش، تابعی کاهشی از قیمت کالاست و فرض می‌شود می‌توان آن را براساس تابع کوب داگلاس[۲۵] بیان کرد:

$$D_i(p_i) = k_i p_i^{-e_i}, \quad i = ۱, ..., n, \quad e_i > ۱ \qquad (۱)$$

k_i و e_i به‌ترتیب بیانگر مقیاس بازار[۲۶] وکشش تقاضا[۲۷] برای خرده‌فروش iام هستند. تابع کوب داگلاس تابع معروفی برای بیان رابطه‌ی بین تقاضا و قیمت است و توسط نویسندگان مختلف مورد استفاده قرار گرفته است.[۶،۱۱و۲۰]

۲. براساس استراتژیِ مدیریتِ موجودی توسط فروشنده، خرده‌فروش‌ها باید اطلاعات بازار فروش خود را، صادقانه در اختیار تأمین‌کننده قرار دهند.

۳. زنجیره‌ی تأمین به‌صورت دوسطحی در نظرگرفته می‌شود و تولیدکننده موظف به کنترل موجودی در دو ناحیه است: انبار محصولات نهایی خود، وانبار محصولات خرده‌فروش‌ها.

۴. فرض می‌شود رویکرد سیکل بازپرسازی عادی[۲۸] توسط تولیدکننده برای کنترل موجودی به کار گرفته می‌شود. براساس این رویکرد، سفارشات محصول در دوره‌های زمانی مشخصی انجام می‌گیرد (به‌عنوان مثال در ابتدای هر ماه). این رویکرد امکان هماهنگ‌سازی سفارشات را برای تولیدکننده فراهم می‌سازد و درنتیجه هزینه‌های سفارش‌دهی را کاهش می‌دهد. مزایای سیکل بازپرسازی عادی به‌طور کامل توسط برخی از محققین بیان شده است.[۲۱]

۵. رابطه‌ی تأمین‌کننده و خرده‌فروش‌ها، رابطه‌ی رهبر-پیرو[۲۹] است، به این معنی که تولیدکننده رهبر بازی و خرده‌فروش‌ها پیروان وی هستند.

۶. فرض می‌شود هر دو طرف تولیدکننده و خرده‌فروش‌ها علاقه‌مند به روابط بلندمدت با یکدیگرند. رویکرد مدیریت موجودی توسط فروشنده چنین رابطه‌یی را تقویت می‌کند زیرا خرده‌فروش‌ها چندان تمایلی به مشارکت با تأمین‌کننده‌یی دیگر

ـــ به‌دلیل هزینه‌های بالا این تغییر ـــ ندارند. اگرچه ممکن است خرده‌فروش‌ها با هم متحد شده و به‌صورت یک بازیکن[۳۰] منفرد عمل کنند، در مدل ارائه‌شده این حالت نادیده گرفته شده است.

۷. در حال حاضر، رویکرد مدیریت موجودی توسط فروشنده در سیستم زنجیره‌ی تأمین پیاده‌سازی می‌شود. به‌عبارت بهتر، ما به دنبال توجیه اقتصادی استراتژی مدیریت موجودی توسط فروشنده نیستیم بلکه تمرکز ما در این مطالعه بر تحلیل عملکرد این استراتژی است.

۸. هر شرکت تا حدودی در تصمیم‌گیری‌ها دارای خودمختاری است و می‌تواند از این اختیار خود برای بیشینه‌سازی سودش بهره بگیرد، زیرا آنها در حقیقت نهادهای اقتصادی مستقل از هم هستند. به‌عنوان مثال خرده‌فروش‌ها می‌توانند قیمت خرده‌فروش بهینه خود را با توجه به تابع سود خود تعیین کنند؛ همچنین تولیدکننده می‌تواند سیکل بازپرسازی عادی و قیمت عمده‌فروش را برای بهینه کردن سودش تعیین کند.

۴. زنجیره‌ی تأمین متمرکز

چنان که اشاره شد منظور از زنجیره‌ی تأمین متمرکز، زنجیره‌ی تأمینی است که در آن یک تصمیم‌گیرنده‌ی مرکزی وجود دارد که به تمام اطلاعات لازم برای بهینه‌شدن سیستم دسترسی دارد. ممکن است در دنیای واقعی چنین زنجیره‌ی تأمینی وجود نداشته باشد، اما ما از این زنجیره‌ی تأمین و عملکرد آن برای ارزیابی زنجیره‌های تأمین غیر متمرکز استفاده می‌کنیم. با توجه به نمادهای معرفی شده، مسئله‌ی بهینه‌سازی مورد نظر در حالت متمرکز را می‌توان چنین مدل‌سازی کرد:

هر واحد از محصول در بازار مربوط به خرده‌فروش iام با قیمت p_i به فروش می‌رسد. درنتیجه درآمد کل سیستم در حالت متمرکز برابر است با:

$$\sum_{i=1}^{n} D_i(p_i)p_i \qquad (۲)$$

هزینه‌های سیستم را می‌توان شامل دو قسمت هزینه‌های مستقیم و هزینه‌های غیر مستقیم دانست. هزینه‌های مستقیم شامل هزینه‌های تولید و حمل‌ونقل محصول است و می‌توان آن را براساس رابطه‌ی ۳ به دست آورد.

$$TDC = \sum_{i=1}^{n} D_i(p_i)(cm + \phi_i) \qquad (۳)$$

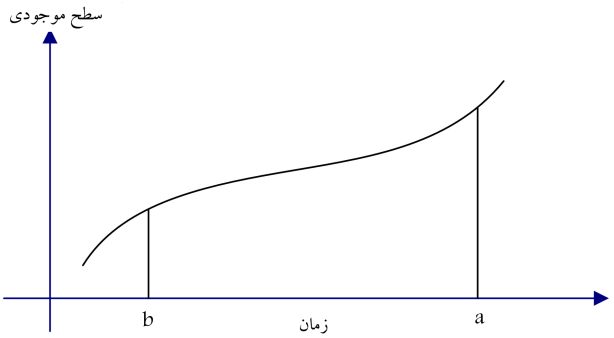
هزینه‌های غیرمستقیم مربوط به هزینه‌های سیستم موجودی زنجیره‌ی تأمین می‌شود و خود شامل دو قسمت است: هزینه‌های سیستم موجودی خرده‌فروش‌ها و هزینه‌های سیستم موجودی خود تولیدکننده.

اگر H هزینه‌ی نگه‌داری واحد محصول در واحد زمان باشد، و با این فرض که نمودار موجودی در مقابل زمان مطابق شکل ۱ باشد، آنگاه هزینه‌های نگه‌داری موجودی در فاصله‌ی زمانی دلخواه a تا b از رابطه‌ی ۴ به دست می‌آید.

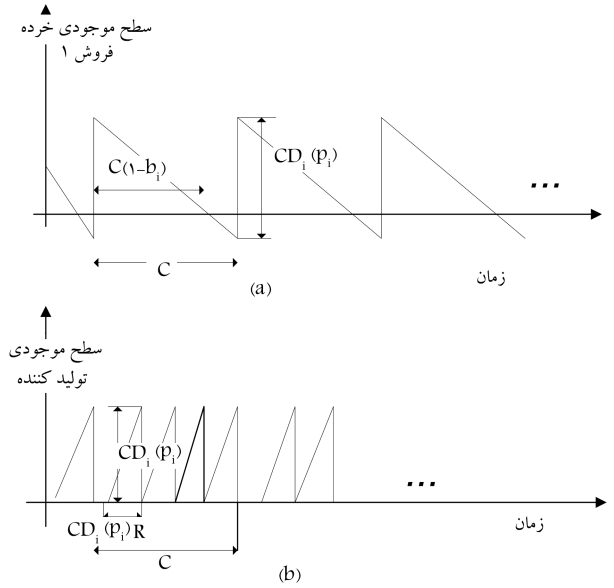
$$IC = H\int_a^b I(t)dt \qquad (۴)$$

با توجه به رابطه‌ی فوق هزینه‌های نگه‌داری موجودی درواحد زمان را می‌توان مطابق رابطه‌ی ۵ محاسبه کرد:

$$TIC = H\frac{\int_a^b I(t)dt}{b-a} \qquad (۵)$$



شکل ۱. یک نمودار دلخواه کنترل موجودی در مقابل زمان.



شکل ۲. نمودار کنترل موجودی سیستم‌های موجودی مدل‌ها مقاله.

با دقت در شکل ۲الف و با توجه به رابطه‌ی ۵، هزینه‌های سیستم موجودی خرده‌فروش i در واحد زمان (شامل هزینه‌های نگه‌داری و هزینه‌های سفارش‌دهی) را می‌توان از رابطه‌ی ۶ محاسبه کرد:

$$TIC_{bi} = \frac{1}{C}\left[\begin{array}{l} S_{b_i} + \frac{D_i(p_i)(1-b_i)^2C^2}{2}H_{bi} \\ \quad + \frac{D_i(p_i)b_i^2C^2}{2}L_{bi} \end{array}\right] \qquad (۶)$$

با جمع هزینه‌های سیستم موجودی خرده‌فروش‌های مختلف می‌توان کل هزینه سیستم موجودی خرده‌فروش‌ها را براساس رابطه‌ی ۷ محاسبه کرد:

$$TIC_b = \sum_{i=1}^{n} TIC_{bi} = \frac{1}{C}\left[\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n} S_{b_i} + \sum_{i=1}^{n} \frac{D_i(p_i)(1-b_i)^2C^2}{2}H_{bi} \\ + \sum_{i=1}^{n} \frac{D_i(p_i)b_i^2C^2}{2}L_{bi} \end{array}\right] \qquad (۷)$$

در شکل ۲ب نمودار موجودی در انبار تولیدکننده نشان داده شده است. در هر سیکل بازپرسازی، چنانچه مجموع تقاضای خرده‌فروش‌ها کم‌تر از نرخ تولید باشد راه‌اندازی خط تولید ضروری است، در غیر این صورت خط تولید به‌طور بی‌وقفه می‌تواند به کار خود ادامه دهد. با توجه به این نکته، و براساس سطح زیر شکل ۲ب هزینه‌های

سیستم موجودی تولیدکننده در واحد زمان را می‌توان از رابطه‌ی ۸ به دست آورد:

$$TIC_p = \frac{1}{C}\left[xS_p + H_p\sum_{i=1}^{n}\frac{D_i(p_i)^2C^2}{2R}\right] \quad (8)$$

x یک متغیر صفر و ۱ است که چنانچه مجموع تقاضای خرده‌فروش‌ها کم‌تر از نرخ تولید باشد، مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. بنابراین هزینه‌های غیر مستقیم تأمین‌کننده را می‌توان براساس رابطه‌ی ۹ محاسبه کرد:

$$TIC = TIC_b + TIC_p \quad (9)$$

لازم به ذکر است که در مدل‌های ارائه شده در این نوشتار متغیر صفر و ۱ را برای x با در نظرگرفتن جریمه‌ی M (یک عدد بزرگ) به‌صورت $Mx(1-x)$ آزاد کرده، آن را یک متغیر پیوسته در نظرگرفته‌ایم. به این ترتیب مسئله را از یک مدل پیچیده برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح (MINLP) [31] به یک مسئله ساده‌تر برنامه‌ریزی غیرخطی (NLP) تبدیل کرده‌ایم. با در نظرگرفتن درآمدها و هزینه‌های یادشده، می‌توان سود سیستم را براساس مدل برنامه‌ریزی غیرخطی زیر بهینه کرد.

$$(L1)\quad \max\ \pi(x, C, p_1, ..., p_n, b_1, ..., b_n) = \sum_{i=1}^{n} D_i(p_i)p_i - TDC - TIC - Mx(1-x)$$

$$Subject\ to \sum_{i=1}^{n} D_i(p_i) \le R,$$

$$R - \sum_{i=1}^{n} D_i(p_i) \le Mx$$

$$0 \le b_i \le 1, \quad for\ i = 1, ..., n$$

$$p_i \ge cm \quad for\ i = 1, ..., n$$

$$C \ge 0, x = [0, 1]$$

محدودیت اول مدل تضمین می‌کند که تقاضای کل سیستم همواره کم‌تر از نرخ تولید باشد. در محدودیت دوم، هرگاه میزان تقاضا از نرخ تولید کم‌تر باشد متغیر x مقدار ۱ می‌گیرد. محدودیت سوم مدل، مقادیر b_i را بین صفر و ۱ تعریف می‌کند که دور از انتظار نیست، زیرا چنان که در تعاریف بیان شد b_i درصدی از زمان است که انبار فروشنده‌ی iام خالی از موجودی است. محدودیت چهارم سود مثبت سیستم را تضمین می‌کند و نهایتاً، آخرین محدودیت سیکل بازپرسازی عادی را مثبت، و x را در فاصله‌ی صفر و ۱ تعیین می‌کند. با حل مدل L_1 می‌توانیم عملکرد بهینه‌ی سیستم را در حالت متمرکز مشخص کنیم.

۵. زنجیره‌ی تأمین غیر متمرکز، تحت استراتژی مدیریت موجودی توسط فروشنده

زنجیره‌ی تأمین غیر متمرکز در دو حالت مورد بررسی قرار می‌گیرد: الف) تولیدکننده محصول را با قیمت یکسان به تمام خرده‌فروش‌ها می‌فروشد؛ ب) تولیدکننده محصول را با قیمت‌های متفاوت به خرده‌فروش‌ها می‌فروشد. در اینجا لازم است تفاوت بین این دو وضعیت را بیشتر توضیح‌دهیم. در وضعیت الف، خرده‌فروش iام هر واحد از کالا را با قیمت p_i می‌فروشد و به‌ازاء هر واحد کالا، مبلغ $cp + \zeta_i$ را به تولیدکننده پرداخت می‌کند. cp قیمت عمده‌فروش است که خرده‌فروش iام به تولیدکننده می‌پردازد و متغیر تصمیم تولیدکننده است؛ ζ_i مبلغی است که خرده‌فروش iام برای هزینه‌های کنترل موجودی به تأمین‌کننده پرداخت می‌کند و متغیر در نظر گرفته می‌شود. در وضعیت ب فرض می‌شود که خرده‌فروش iام برای هر واحد کالا، مبلغ cp_i به تولیدکننده می‌پردازد. به‌عبارت دیگر در این مبلغ، هم مقدار قیمت کالا و هم هزینه‌های کنترل موجودی آن گنجانده شده است.

اکنون مدل ارائه‌شده را تشریح می‌کنیم. توجه داشته باشید که در مدل کلی زیر با قراردادن شرط $cp_i = cp$ $(i = 1, ..., n)$ به وضعیت الف، و با قرار دادن ζ_i برابر با صفر به وضعیت ب خواهیم رسید. سود خرده‌فروش iام را می‌توان براساس رابطه‌ی ۱۰ تعیین کرد:

$$\pi_i = D_i(p_i)(p_i - cp_i - \zeta_i) \quad (10)$$

درآمد تولیدکننده نیز برابر است با:

$$\sum_{i=1}^{n} D_i(p_i)(cp_i + \zeta_i) \quad (11)$$

براساس آنچه که درمورد زنجیره‌ی تأمین متمرکز عنوان شد، در این حالت تولیدکننده به‌عنوان رهبر بازی مسئله‌ی زیر را بهینه‌سازی می‌کند.

$$(Ma)\quad \max\ \pi_m(b_i, C, cp_i, x) = \sum_{i=1}^{n} D_i(p_i)(cp_i + \zeta_i) - TDC - TIC - Mx(1-x)$$

$$Subject\ to \sum_{i=1}^{n} D_i(p_i) \le R,$$

$$R - \sum_{i=1}^{n} D_i(p_i) \le Mx$$

$$0 \le b_i \le 1, \quad for\ i = 1, ..., n$$

$$C \ge 0,\ cp_i \ge 0,\ x = [0, 1]$$

مسئله‌ی بهینه‌سازی هرکدام از خرده‌فروش‌ها را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$(F_i)\quad \max\ \pi_i = (p_i - cp_i - \zeta_i)k_i p_i^{-e_i}\ ,\ \ i = 1, 2, ..., n$$
$$Subject\ to\ p_i \ge cp_i + \zeta_i,$$

برای یافتن نقطه‌ی تعادل استاکلبرگ[32]، شرایط کروش ـکان ـتاکر (KKT)[33] را برای مسئله‌ی خرده‌فروش‌ها ـ به‌عنوان پیروان بازی ـ می‌نویسیم و سپس آن را در مسئله‌ی تولیدکننده جایگذاری می‌کنیم. فرایند تصمیم‌گیری در بازی استاکلبرگ به این صورت است: در مرحله‌ی اول تولیدکننده به‌عنوان رهبر بازی به تعیین سیکل بازپرسازی عادی، درصد سفارشات تأخیری هرکدام از خرده‌فروش‌ها، و قیمت عمده‌فروشی محصول می‌پردازد. در مرحله‌ی دوم، خرده‌فروش‌ها به‌عنوان پیروان بازی براساس نتایج تصمیمات تولیدکننده، سود خود را بهینه کرده و قیمت خرده‌فروش را تعیین می‌کنند. شرایط KKT برای مسئله‌ی خرده‌فروش iام چنین است:

$$(K)\ p_i - cp_i - \zeta_i \ge 0 \perp r_i \ge 0,$$
$$(1 - e_i)k_i p_i^{-e_i} + e_i(cp_i + \zeta_i)k_i p_i^{-(e_i+1)} + r_i \le 0 \perp p_i \ge 0,$$

در روابط فوق r_i متغیر دوگان متناظر با محدودیت خرده‌فروش iام است و $\perp$ برای نشان دادن رابطه‌ی متعامد بودن[۳۴] بین متغیر دوگان و محدودیت متناظر با آن به کار برده می‌شود.

با قرار دادن جریمه (M) در تابع هدف برای تخلف از شرایط مکمل[۳۵]، شرایط KKT را به مسئله‌ی بهینه‌سازی تولیدکننده (Ma) اضافه می‌کنیم. مسئله‌ی بهینه‌سازی حاصل یک مسئله‌ی غیر خطی (NLP) است.

$$(L۲)\quad \max\ \pi_m(p_i,b_i,C,cp_i,x)=cp\sum_{i=۱}^{n}k_ip_i^{-e_i}-TDC-TIC$$

$$-Mx(۱-x)-\sum_{i=۱}^{n}Mr_i(p_i-cp_i-\zeta_i)$$

$$-\sum_{i=۱}^{n}Mp_i((۱-e_i)k_ip_i^{-e_i}+e_i(cp_i+\zeta_i)k_ip_i^{-(e_i+۱)}+r_i)$$

$$Subject\ to\ \sum_{i=۱}^{n}D_i(p_i)\le R,$$

$$R-\sum_{i=۱}^{n}D_i(p_i)\le Mx$$

$$۰\le b_i\le ۱,\quad for\ i=۱,...,n$$

$$C,cp_i,x\ge ۰,$$

$$p_i-cp_i-\zeta_i\ge ۰,\quad i=۱,...,n$$

$$(۱-e_i)k_ip_i^{-e_i}+e_i(cp_i+\zeta_i)k_ip_i^{-(e_i+۱)}+r_i\le ۰,\quad i=۱,...,n$$

با حل این مدل می‌توان نقطه‌ی تعادل استاکلبرگ را یافته و استراتژی مطلوب هرکدام از بازیکنان (تولیدکننده و خرده‌فروش‌ها) را تعیین کرد.

۶. تحلیل حساسیت سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده

در این قسمت یک سری تحلیل‌های عددی درمورد وضعیت الف (مدل $L_۲$ با فرض برابر بودن cp_iها) ارائه خواهیم کرد؛ و به‌ویژه تأثیر تغییر پارامترهای مدل را بر نتایج تصمیمات هرکدام از اجزاء سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده (تولیدکننده و خرده‌فروش‌ها) بررسی می‌کنیم. برخی از تحلیل‌ها را در قالب جدول و برخی دیگر را در قالب نمودار معرفی خواهیم کرد. تحلیل‌ها را در سه قسمتِ پارامترهای مربوط به سیستم تولیدکننده (شامل هزینه‌ی تولید هر واحد محصول، نرخ تولید و هزینه‌های حمل و نقل، هزینه‌های کنترل موجودی پرداختی توسط خرده‌فروش‌ها)، پارامترهای مربوط به بازار خرده‌فروش‌ها (شامل کشش قیمت نسبت به تقاضا و مقیاس بازار)، و سرانجام پارامترهای مربوط به سیستم موجودی پی می‌گیریم. در بررسی هر پارامتر، تحلیل‌ها روی یکی از سه موردی که در جدول ۱ مقادیر پارامترهای آن مشخص شده، انجام گرفته است. در تمام تحلیل‌های این بخش مقادیر قیمت‌ها برحسب واحد پولی، سود برحسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی، و مقدار پارامتر k برحسب ۱۰۰۰ واحد گزارش شده است. تحلیل‌ها مطابق استانداردافزار Lingo۱۲ صورت گرفته است.

۱.۶. پارامترهای مربوط به سیستم تولیدکننده

-- هزینه‌های تولید هر واحد محصول (cm)

در شکل ۳ تأثیر تغییر در پارامتر cm بر عملکرد سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که کاهش هزینه‌های تولید، در ابتدا (برای cmهای بیشتر از ۸۰) منجر به کاهش قیمت خرده‌فروش و قیمت عمده‌فروش، و افزایش سود خرده‌فروش‌ها و سود تولیدکننده می‌شود. اما با کاهش بیشتر هزینه‌های تولید، قیمت‌های خرده‌فروش و عمده‌فروش و سود خرده‌فروش‌ها ثابت باقی مانده و تنها سود تولیدکننده افزایش می‌یابد. این مسئله را می‌توان چنین تفسیر کرد که برای cmهای بیشتر از ۸۰ میزان تقاضا کم‌تر از نرخ تولید است ($x^*=۱$)، و خرده‌فروش‌ها با کاهش قیمت (با توجه به این نکته که کاهش قیمت خرده‌فروش منجر به افزایش تقاضا می‌شود) می‌توانند سود خود را افزایش دهند. این کاهش قیمت منجر به افزایش تقاضا می‌شود به‌طوری که برای cmهای کم‌تر از ۸۰ نرخ تولید با مقدار تقاضا برابر می‌شود ($x^*=۰$). اما در این وضعیت، کاهش بیشتر هزینه‌های تولید تنها به‌نفع تولیدکننده است و خرده‌فروش‌ها با کاهش بیشتر قیمت خرده‌فروش، نمی‌توانند سود خود را افزایش دهند. در نتیجه سود خرده‌فروش‌ها و همچنین قیمت عمده‌فروش و خرده‌فروش ثابت باقی می‌ماند. به‌طور کلی تأثیر پارامتر cm را می‌توان چنین بیان کرد:

$$if\ x=۱\Rightarrow\ c_m\downarrow\ \ cp\downarrow\ \ p_i\downarrow\ \ \pi_i\uparrow\ \ \pi_m\uparrow\ \ \pi_t\uparrow\ \ D\uparrow$$

$$if\ x=۰\Rightarrow\ c_m\downarrow\ \ cp,p_i,D,\pi_i\equiv const\ \ \pi_m\uparrow\ \ \pi_t\uparrow$$

-- نرخ تولید (R)

در شکل ۴ تأثیر نرخ تولید بر عملکرد سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که با کاهش نرخ تولید از ۵۰۰، ابتدا

جدول ۱. پارامترهای مربوط به موارد بررسی شده (مقدار k_i برحسب ۱۰۰۰ واحد است).

مورد	k_i	e_i	ζ_i	Φ_i	H_{bi}	L_{bi}	S_{bi}	H_p	S_p	cm	R
	۳۸۰	۱/۵	۱۵	۱۰	۹	۱۰۰	۴۰				
۱	۲۴۰	۱/۳	۱۰	۱۲	۹	۵۰۰	۱۳۰	۳	۱۵۰	۵۰	۱۰۰
	۲۲۰	۱/۵	۹	۱۵	۷	۵۰۰	۳۰				
	۲۷۰	۱/۷	۷	۶	۸	۴۰۰	۷۰				
۲	۲۸۰	۱/۶	۱۲	۱۱	۶	۳۰۰	۱۳۰	۲	۱۸۰	۱۶۰	۳۰۰
	۳۶۰	۱/۶	۶	۷	۵	۳۰۰	۳۰				
	۳۹۰	۱/۲	۸	۱۱	۷	۳۰۰	۲۰				
۳	۱۶۰	۱/۵	۵	۱۱	۶	۳۰۰	۱۲۰	۱	۱۱	۱۴۰	۵۰۰
	۲۲۰	۱/۴	۱۳	۱۳	۱	۱۰۰	۶۰				

قیمت‌های خرده‌فروش، عمده‌فروش و درنتیجه تقاضا و سود اجزاء سیستم ثابت باقی می‌ماند. اما برای Rهای کم‌تر از ۲۰۰ کاهش نرخ تولید منجر به افزایش قیمت خرده‌فروش، قیمت عمده‌فروش و کاهش سود اجزاء سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده می‌شود. در تفسیر این موضوع می‌توان گفت که برای $R > ۲۰۰$ مقدار تقاضا کم‌تر از نرخ تولید است ($x^* = ۱$)، و با کاهش R عملکرد سیستم ــ ازجمله تقاضای کل سیستم ــ تغییر نمی‌کند؛ درنتیجه با کاهش بیشتر R در سطح ۲۰۰، نرخ تولید با مقدار تقاضا برابر می‌شود ($x^* = ۰$) و از آن به بعد، کاهش R منجر به افزایش قیمت‌ها و کاهش سود اجزاء سیستم (تولیدکننده و خرده‌فروش‌ها) خواهد شد. به‌طور عام، تأثیر نرخ تولید را می‌توان چنین بیان کرد:

$$if\ x = ۱ \Rightarrow R \downarrow \quad cp, p_i, C, \pi_i, \pi_m, \pi_t \cong const$$

$$if\ x = ۰ \Rightarrow R \downarrow cp \uparrow \quad p_i \uparrow \quad \pi_i \downarrow \quad \pi_m \downarrow \quad \pi_t \downarrow \quad C \uparrow$$

ــ هزینه حمل و نقل هر واحد محصول (Φ_i)

در جداول ۲ و ۳ تأثیر هزینه‌های حمل و نقل بر سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده ارائه شده است. در هر مورد Φ_i برای تمام خرده‌فروش‌ها از حالت مبنا (به‌میزان تعیین شده در جدول) افزایش می‌یابد. همانند هزینه‌های تولید و نرخ تولید، جهت تغییرات متغیرهای سیستم در این حالت نیز بستگی به متغیر x دارد، به‌طوری که می‌توان گفت:

$$if\ x = ۱ \Rightarrow \Phi_i \uparrow \quad cp \uparrow \quad p_i \uparrow \quad \pi_i \downarrow \quad \pi_m \downarrow \quad \pi_t \downarrow$$

$$if\ x = ۰ \Rightarrow \Phi_i \uparrow \quad cp, p_i, \pi_i \equiv const \quad \pi_m \downarrow \quad \pi_t \downarrow$$

ــ هزینه‌های کنترل موجودی پرداختی توسط خرده‌فروش‌ها (ζ_i)

اگر مقدار ζ برای تمام خرده‌فروش‌ها به یک میزان تغییر کند، مقدار cp نیز به‌همان میزان (و در جهت مخالف) تغییر می‌کند و درنتیجه سود هرکدام از فروشندگان، سود تولیدکننده، قیمت خرده‌فروش و درنتیجه میزان تقاضا ثابت باقی می‌ماند. اما اگر تنها مقدار ζ_i تغییر کند خواهیم داشت:

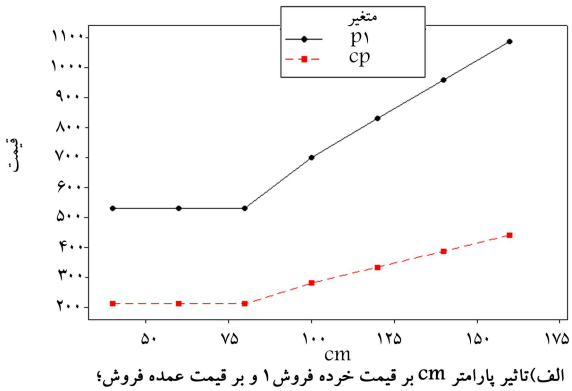
$$\zeta_i \uparrow \quad cp \downarrow \quad p_i \uparrow \quad \pi_i \downarrow \quad \pi_m \downarrow \quad \pi_t \downarrow$$

جدول ۲. تأثیر هزینه‌ی حمل و نقل بر سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده در حالی که $x^* = ۰$ (مقادیر π برحسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است.)

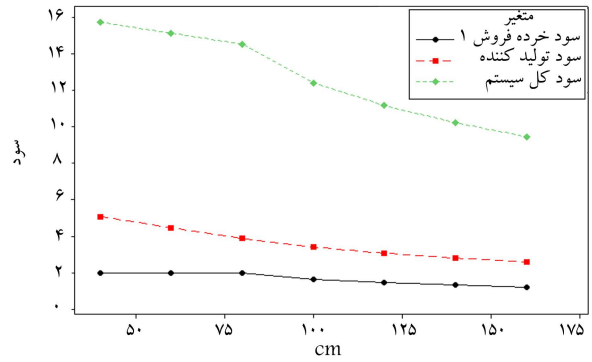
x	φ	$P_۱$	cp	$\pi_۱$	π_m	π_t
۰	base	۲۵۹۸/۷۳	۸۵۱/۲۴۵	۴/۹۶۹۴۸	۷/۹۴۳۹۴	۳۱/۴۵۶۶
۰	۲۰	۲۵۹۸/۷۳	۸۵۱/۲۴۵	۴/۹۶۹۴۸	۷/۸۴۳۹۴	۳۱/۳۵۶۶
۰	۳۰	۲۵۹۸/۷۳	۸۵۱/۲۴۵	۴/۹۶۹۴۸	۷/۷۴۳۹۴	۳۱/۲۵۶۶
۰	۴۰	۲۵۹۸/۷۳	۸۵۱/۲۴۵	۴/۹۶۹۴۸	۷/۶۴۳۹۴	۳۱/۱۵۶۶

جدول ۳. تأثیر هزینه‌ی حمل‌ونقل بر سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده در حالی که $x^* = ۱$ (مقادیر سود برحسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است) (مورد ۲).

x	φ	$P_۱$	cp	$\pi_۱$	π_m	π_t
۱	base	۱۰۸۸/۳۴	۴۴۱/۱۴	۱/۱۸۸۹۹	۲/۵۶۶۶۱	۹/۴۶۰۱۶
۱	۱۰	۱۱۵۲/۹۷	۴۶۷/۷۵۱	۱/۱۴۱۹۴	۲/۴۹۶۵۱	۹/۱۳۰۲۸
۱	۲۰	۱۲۱۷/۵۹	۴۹۴/۳۶	۱/۰۹۹۱۷	۲/۴۱۴۲۱	۸/۸۲۸۹۹
۱	۳۰	۱۲۸۲/۲۱	۵۲۰/۹۶۹	۱/۰۶۰۰۹	۱/۳۳۸۶۸	۸/۵۵۲۴۸

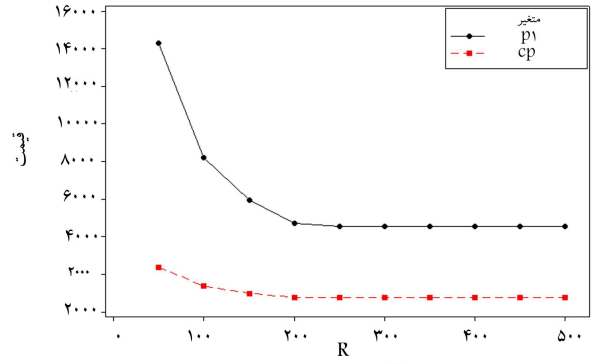


الف)تاثیر پارامتر cm بر قیمت خرده فروش۱ و بر قیمت عمده فروش؛

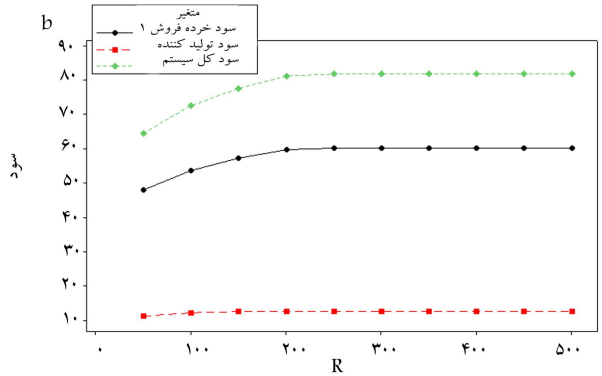


ب)تاثیر پارامتر cm بر سود تولید کننده خرده فروش ۱ و سود کل سیستم مقادیر سود بر حسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است (مورد ۲).

شکل ۳. تأثیر پارامتر cm بر قیمت و سود.



الف)تاثیر پارامتر نرخ تولید R بر قیمت خرده فروش ۱ و بر قیمت عمده فروش؛



ب)تاثیر پارامتر نرخ تولید R بر سود تولید کننده، خرده فروش ۱ و سود کل سیستم مقادیر سود بر حسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است (مورد ۳).

شکل ۴. تأثیر پارامتر نرخ تولید R بر قیمت و سود.

در جدول ۴ تأثیر تغییر در ζ_1 ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که تغییرات در متغیرهای تصمیم با افزایش در ζ_1 محسوس نیست.

۲.۶. پارامترهای مربوط به بازار

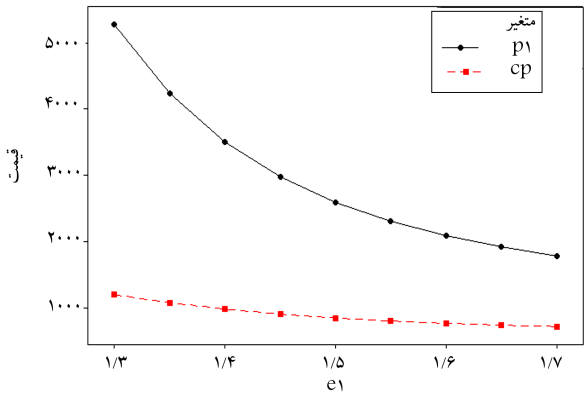
پارامترهایی نظیر «کشش قیمت نسبت به تقاضا» و «مقیاس بازار» بر عملکرد سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده و سود اجزاء آن تأثیری چشم‌گیر دارند. در شکل ۵ تأثیر پارامتر e بر عملکرد زنجیره‌ی تأمین نشان داده شده است. چنان که ملاحظه می‌شود با کاهش e_i قیمت عمده‌فروش، قیمت خرده‌فروش iام، سود تولیدکننده و سود خرده‌فروش iام افزایش می‌یابد؛ اما با توجه به رابطه‌ی ۱ نمی‌توان درمورد جهت تغییرات تقاضا اظهار نظر قطعی کرد. در حالت کلی می‌توان گفت:

$$e_i \downarrow \quad \pi_m \uparrow \quad \pi_i \uparrow \quad cp \uparrow \quad p_i \uparrow$$

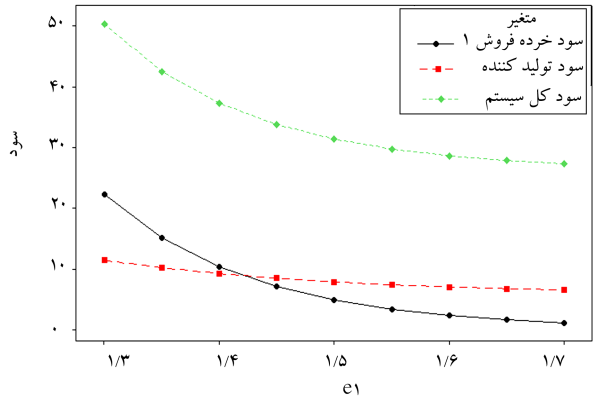
جدول ۴. تأثیر تغییر در پارامتر ζ_i بر سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده (مقادیر سود برحسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است) (مورد ۱).

۵

x	ζ_1	P_1	cp	π_1	π_m	π_t
۰	base	۲۵۹۸٫۷۳	۸۵۱٫۲۴۵	۴٫۹۶۹۴۸	۷٫۹۴۳۹۴	۳۱٫۴۵۶۶
۰	۲۵	۲۶۱۹٫۵۸	۸۴۸٫۱۹۵	۴٫۹۴۹۶۷	۷٫۹۴۱۴۹	۳۱٫۴۵۶۱
۰	۳۵	۲۶۴۰٫۶۱	۸۴۵٫۲۰۴	۴٫۹۲۹۹۲	۷٫۹۳۸۹۷	۳۱٫۴۵۵۴
۰	۴۵	۲۶۶۱٫۸۲	۸۴۲٫۲۷۲	۴٫۹۱۰۲۵	۷٫۹۳۶۳۷	۳۱٫۴۵۴۲



الف)تاثیر پارامتر e_1 بر قیمت خرده فروش ۱ و بر قیمت عمده فروش؛



ب)تاثیر پارامتر e_1 بر سود تولید کننده، خرده فروش ۱ و سود کل سیستم مقادیر سود بر حسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است (مورد ۱).

شکل ۵. تأثیر پارامتر e_1 بر قیمت و سود.

جداول ۵ و ۶ تأثیر پارامتر k بر عملکرد سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که جهت تغییر متغیرهای تصمیم بستگی به مقدار متغیر x دارد. به‌طورکلی تأثیر پارامتر k کم‌تر از پارامتر e است؛ مثلاً با کاهش k_3 به میزان ۲۳٪، سود سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده تنها به مقدار ۲٪ کاهش می‌یابد اما با کاهش e_1به میزان ۱۳٪ سود سیستم ۱۲٪ افزایش می‌یابد (مورد ۱). در حالت کلی تأثیر پارامتر k را می‌توان چنین بیان کرد:

$$if\ x = 1 \Rightarrow k_i \uparrow \quad cp \downarrow \quad p_i \downarrow \quad \pi_i \uparrow \quad \pi_m \uparrow \quad \pi_t \uparrow$$

$$if\ x = 0 \Rightarrow k_i \uparrow \quad cp \uparrow \quad p_i \uparrow \quad \pi_i \downarrow \quad \pi_m \uparrow \quad \pi_t \uparrow$$

همچنین ملاحظه می‌شود که تغییرات مشاهده شده در حالت $x^* = 1$ نامحسوس و کوچک است در حالی که در حالت $x^* = 0$ این تغییرات قابل توجه است.

۳.۶. پارامترهای مربوط به کنترل موجودی

سود تمام اجزاء با تغییر در پارامترهای کنترل موجودی تغییر محسوسی نمی‌کند هرچند که این پارامترها در برخی موارد رویکرد کنترل موجودی به کار گرفته شده توسط تولیدکننده را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌عنوان مثال در جدول ۷ تأثیر افزایشِ هزینه‌های موجودی بر عملکرد سیستم ارائه شده است. برای تمام خرده‌فروش‌ها این هزینه از حالت مبنا و به میزانی که مشخص شده است تغییر می‌کند. (به تغییر C با تغییر در پارامتر H_{bi} در جدول دقت کنید.)

جدول ۵. تأثیر پارامتر k بر متغیرهای سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده در حالی که $x^* = 1$ (مقادیر سود برحسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است) (مورد ۲).

x	k_1	P_1	cp	π_1	π_m	π_t
۱	base	۱۰۸۸٫۳۴	۴۴۱٫۱۴	۱٫۱۸۸۹۹	۲٫۵۶۶۶۱	۹٫۴۶۰۱۶
۱	۳۲۰	۱۰۸۴٫۵۵	۴۳۹٫۵۷۸	۱٫۴۱۲۶۳	۲٫۶۸۲۰۲	۹٫۷۹۱۱
۱	۳۷۰	۱۰۸۱٫۰۴	۴۳۸٫۱۳۲	۱٫۶۳۷۰۶	۲٫۷۷۷۴۸	۱۰٫۱۲۲
۱	۴۲۰	۱۰۷۷٫۷۸	۴۳۶٫۷۹۱	۱٫۸۶۲۲۲	۲٫۸۷۲۹۹	۱۰٫۴۵۳

جدول ۶. تأثیر پارامتر k بر متغیرهای سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده در حالی که $x^* = 0$ (مقادیر سود برحسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است) (مورد ۱).

x	k_3	P_1	cp	π_1	π_m	π_t
۰	base	۲۵۹۸٫۷۳	۸۵۱٫۲۴۵	۴٫۹۶۹۴۸	۷٫۹۴۳۹۴	۳۱٫۴۵۶۶
۰	۲۷۰	۲۶۶۹٫۱۱	۸۷۴٫۷۰۳	۴٫۹۰۳۵۳	۸٫۱۷۶۸۵	۳۲٫۱۰۶۷
۰	۳۲۰	۲۷۳۸٫۳۷	۸۹۷٫۷۹	۴٫۸۴۱۱۲	۸٫۴۰۶۱۶	۳۲٫۷۴۸۳
۰	۳۴۰	۲۷۶۵٫۷۸	۹۰۶٫۹۲۷	۴٫۸۱۷۰۸	۸٫۴۹۶۹۲	۳۳٫۰۰۲۷

جدول ۷. تأثیر هزینه‌های نگه‌داری موجودی بر عملکرد سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده (مقادیر سود برحسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است) (مورد ۲).

H_{bi}	C	P_1	cp	π_1	π_m	π_t
base	۱٫۱۹۷۲۳	۱۰۸۸٫۳۴	۴۴۱٫۱۴	۱٫۱۸۸۹۹	۲٫۵۸۶۶۱	۹٫۴۶۰۱۶
۵	۰٫۹۰۱۷۵	۱۰۹۶٫۰۱	۴۴۴٫۲۹۶	۱٫۱۸۳۱۷	۲٫۵۶۳۷۱	۹٫۴۰۷۶۲
۱۰	۰٫۷۶۲۸۸	۱۱۰۱٫۸۲	۴۴۶٫۶۹۲	۱٫۱۷۸۷۹	۲٫۵۴۶۷۲	۹٫۳۶۸۳۷

۷. مقایسه‌ی عملکرد ساختارهای مختلف زنجیره‌ی تأمین

در این قسمت به تحلیل وضعیتی می‌پردازیم که تولیدکننده بتواند محصولش را با قیمت‌هایی متفاوت بفروشد. برای این کار ضمن بهره‌گیری از تحلیل‌های حساسیت انجام شده در قسمت قبل، به مقایسه‌ی عملکرد سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده در دو حالت الف و ب، و نیز مقایسه‌ی عملکرد این دو وضعیت با ساختار متمرکز زنجیره‌ی تأمین خواهیم پرداخت.

برای مقایسه‌ی وضعیت‌های الف و ب، و نیز مقایسه‌ی این دو وضعیت نسبت به حالت متمرکز، ۱۰۰ مورد داده به‌صورت تصادفی برای پارامترهای مدل‌ها ــ در فواصلی که در جدول ۸ آمده ــ تولید می‌کنیم. نتایج دو مورد از این ۱۰۰ مورد را که قبلاً مقادیر پارامترهای آن در جدول ۱ مشخص شد، در جدول ۹ آورده‌ایم. در این جدول وضعیت‌های الف، ب و ساختار متمرکز زنجیره‌ی تأمین را ملاحظه می‌کنید. در ادامه به خلاصه‌ی مهم‌ترین نکات در زمینه‌ی این ساختارها اشاره می‌کنیم. خواننده با مراجعه به جدول ۹ می‌تواند مصداق عینی نتایج را ملاحظه کند.

۷. ۱. زنجیره‌ی غیر متمرکز: مقایسه‌ی وضعیت الف و ب

نتایج حاصل از مقایسه‌ی وضعیت‌های الف و ب عبارت است از:

۱. قیمت‌های خرده‌فروش (p_i) در وضعیت ب نسبت به وضعیت الف، ممکن است بسیار متفاوت باشد. به‌عنوان مثال، در مواردی مشاهده می‌شود که یک خرده‌فروش در وضعیت ب، محصول را با کم‌تر از نصف قیمت وضعیت الف، از تولیدکننده دریافت می‌کند و به‌همین صورت محصول را با کم‌تر از نصف قیمت وضعیت الف به مشتری نهایی می‌فروشد. همچنین ممکن است یک خرده‌فروش محصول را با قیمت بیشتری نسبت به وضعیت الف از تولیدکننده دریافت کند (به مورد ۱ جدول ۹ توجه کنید). به‌طور کلی با افزایش کشش قیمت یک خرده‌فروش، تولیدکننده همواره محصول را با قیمت کم‌تری به او می‌فروشد. بنابراین خرده‌فروشی با بیشترین مقدار e، محصول را با کم‌ترین قیمت از تولیدکننده دریافت کرده و با کم‌ترین قیمت به مشتری نهایی نیز می‌فروشد. این در حالی است که خرده‌فروشی با کم‌ترین مقدار e، محصول را با بیشترین قیمت از تولیدکننده دریافت می‌کند. این موضوع با تحلیل حساسیت انجام‌شده درمورد پارامتر e در قسمت قبل کاملاً همخوانی دارد (در آنجا نتیجه گرفتیم که با افزایش e، قیمت عمده‌فروش همواره کاهش می‌یابد). به‌همین صورت می‌توان نتیجه گرفت که خرده‌فروشی با بیشترین مقدار e در سیستم، نسبت به وضعیت الف، محصول را با قیمت کم‌تری از تولیدکننده دریافت کرده و همین‌طور محصول را با قیمت کم‌تری به مشتری نهایی می‌فروشد. این وضعیت برای خرده‌فروشی با کم‌ترین مقدار e کاملاً برعکس است. بنابراین چنان که قبلاً نیز اشاره شد، مقدار پارامتر e بر مقادیر متغیرهای سیستم تأثیر چشم‌گیری دارد.

۲. تغییرات در میزان سود تولیدکننده و خرده‌فروش‌ها در دو وضعیت الف و ب زیاد نیست. سود تولیدکننده در وضعیت ب نسبت به حالت الف همواره اندکی افزایش می‌یابد. میانگین این افزایش در بررسی ۱۰۰ مورد معادل ۱٪ است، و بیشترین افزایش ۴٪ است. نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری معنی‌دار بودن این تغییر را تأیید می‌کند. سود برخی از خرده‌فروش‌ها نسبت به وضعیت الف کاهش یافته در حالی که سود برخی دیگر ممکن است افزایش یافته باشد. سود خرده‌فروشی با بیشترین مقدار e همواره افزایش یافته (نسبت به وضعیت الف) در حالی که سود خرده‌فروشی با کم‌ترین مقدار e همواره کاهش می‌یابد. سود کل سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده در وضعیت ب نسبت به وضعیت الف به‌میزان ۱٫۴ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سود مجموع خرده‌فروش‌ها در وضعیت ب به‌میزان ۲٫۴ درصد کاهش می‌یابد.

جدول ۸. دامنه‌ی تغییرات پارامترهای مدل.

پارامتر	k_i	e_i	ζ_i
دامنه‌ی تغییرات	$۱۵۰\times۱۰^۴ - ۴۰۰\times۱۰^۴$	۱٫۲-۱٫۷	۲-۱۵
گام تغییر	۱۰۰۰	۰٫۱	۱

Hb_i	Lb_i	Sb_i	Φ_i
۵	۱۰۰-۵۰۰	۲۰-۱۵۰	۲-۱۵
۱	۱۰۰	۱۰	۱

H_p	S_p	cm	R
۱-۴	۱۰۰-۲۰۰	۵۰-۲۰۰	۱۰۰-۶۰۰
۱	۱۰	۱۰	۱۰۰

۷. ۲. مقایسه‌ی زنجیره‌ی تأمین غیرمتمرکز با زنجیره‌ی تأمین متمرکز

برخی از محققین از رویکرد زیر برای مقایسه‌ی عملکرد زنجیره‌ی تأمین غیر متمرکز با زنجیره‌ی تأمین متمرکز استفاده کرده‌اند،[۱۳] که در این نوشتار از رویکرد آنان بهره جسته‌ایم. اگر فرض کنیم که π_c سود سیستم در حالت متمرکز و π_d سود سیستم در حالت غیر متمرکز باشد، آنگاه متغیر θ را مطابق رابطه‌ی ۱۲ تعریف می‌کنیم.

$$\theta = \frac{\pi_d}{\pi_c} \qquad (۱۲)$$

مقدار پارامتر θ در فاصله‌ی صفر و ۱ قرار دارد و هرقدر مقدار این پارامتر به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی نزدیک‌تر بودن سود سیستم به حالت متمرکز است. در وضعیت الف، میانگین و کم‌ترین مقادیر θ، به‌ترتیب ۰٫۹۴ و ۰٫۷۶ است. در وضعیت ب نیز میانگین و کم‌ترین مقادیر θ، به‌ترتیب ۰٫۹۳ و ۰٫۷۶ است. به‌عبارت دیگر سود سیستم در وضعیت الف به‌طور متوسط ۰٫۹۴ و در وضعیت ب ۹۳٪ سود سیستم در حالت متمرکز است. یکی از دلایل بزرگی مقدار θ که در اینجا گزارش شده، ناشی از فرض رهبربودن تولیدکننده است؛ زیرا براساس تحقیقات پیشین،[۱۵] هرگاه قدرت زنجیره‌ی تأمین در دست تأمین‌کننده باشد سود زنجیره‌ی تأمین به حالت متمرکز بسیار نزدیک خواهد بود. در جدول ۹ عملکرد سیستم‌های متمرکز و غیر متمرکز مقایسه شده است. در این جدول می‌توان ملاحظه کرد که هرگاه در ساختار غیر متمرکز مقدار $x^* = ۰$، آنگاه عملکرد زنجیره‌ی غیر متمرکز با عملکرد زنجیره‌ی متمرکز تقریباً یکسان است (مورد ۱)؛ اما زمانی که $x^* = ۱$ آنگاه تفاوت بین عملکرد دو سیستم محسوس و قابل توجه است (مورد ۲). به‌عنوان مثال، در وضعیت الف متوسط مقادیر θ در حالت $x^* = ۱$ برابر ۰٫۸۶ است، در حالی که در حالت $x^* = ۰$ این مقدار

جدول ۹. مقایسه‌ی عملکرد ساختارهای غیر متمرکز و متمرکز برای موارد ۱ و ۲ (مقادیر سود برحسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی است).

متغیرهای تصمیم	مورد ۱			مورد ۲		
	زنجیره‌ی متمرکز	زنجیره‌ی غیرمتمرکز الف	زنجیره‌ی غیرمتمرکز ب	زنجیره‌ی متمرکز	زنجیره‌ی غیرمتمرکز الف	زنجیره‌ی غیرمتمرکز ب
x	۰	۰	۰	۰	۱	۱
C	۰/۶۴۶	۰/۶۴۵	۰/۶۵۶	۰/۴۸۲	۱/۱۹۷	۱/۱۹۱
cp_i		۸۲۷	۷۲۷ ۱۰۶۰ ۷۴۰		۴۴۱	۴۱۵ ۴۶۶ ۴۵۴
b_1	۰/۰۸۲۵۷	۰/۰۸۲۵۷	۰/۰۸۲۵۷	۰/۰۱۹۶۱	۰/۰۱۹۶۱	۰/۰۱۹۶۱
b_2	۰/۰۱۷۶۸	۰/۰۱۷۶۸	۰/۰۱۷۶۸	۰/۰۱۹۶۱	۰/۰۱۹۶۱	۰/۰۱۹۶۱
b_3	۰/۰۱۳۸۱	۰/۰۱۳۸۱	۰/۰۱۳۸۱	۰/۰۱۶۳۹	۰/۰۱۶۳۹	۰/۰۱۶۳۹
p_1	۲۷۸۱	۲۵۸۱	۲۱۸۰	۵۳۰	۱۰۸۸	۱۰۰۷
p_2	۳۶۲۸	۳۷۴۰	۴۵۹۲	۵۹۴	۱۲۰۸	۱۲۴۲
p_3	۲۵۰۸	۲۵۹۴	۲۲۱۸	۵۸۳	۱۱۹۲	۱۲۱۰
D_1	۲۹	۲۵/۹	۳۷/۳	۶۳	۱۸/۶	۲۱/۲
D_2	۵۴/۴	۵۶/۶	۴۱/۶	۱۰۲	۸/۳۲	۳۱/۳
D_3	۱۶/۶	۱۷/۵	۲۱	۱۳۵	۴۳/۱	۴۲
π_i		۴/۹۷۰ ۱۵/۵۶۷ ۲/۸۸۷	۵/۴۲۵ ۱۴/۷۱۱ ۳/۱۱۴		۱/۱۹۰ ۲/۴۷۶ ۳/۲۰۹	۱/۲۵۵ ۲/۴۳۵ ۳/۱۸۰
π_m		۷/۹۴۴	۸/۰۰۰		۲/۵۸۷	۲/۵۸۹
π_t	۳۱/۴۵۷	۳۱/۴۴۳	۳۱/۲۵۲۱	۱۲/۱۴۶	۹/۴۶۰	۹/۴۵۸
θ		۱	۰/۹۹		۰/۷۷	۰/۷۷

حدود ۰/۹۹ است. به‌عبارت دیگر زمانی که تقاضای کل سیستم برابر با نرخ تولید باشد ($x^* = ۰$) عملکرد سیستم غیر متمرکز با عملکرد سیستم متمرکز تقریباً یکسان است.

۸. نتیجه‌گیری

در این نوشتار مدل‌های زنجیره‌ی تأمین مفروض در حالت متمرکز و غیر متمرکز ارائه شد. عملکرد زنجیره‌ی تأمین در حالت متمرکز براساس یک مدل بهینه‌سازی ریاضی بیان شد؛ در حالی که برای بیان عملکرد سیستم در حالت غیر متمرکز از نظریه‌ی بازی استاکلبرگ و با فرض رهبر بودن تولیدکننده استفاده کردیم. با مبنا قراردادن عملکرد زنجیره‌ی تأمین متمرکز، به بررسی عملکرد ساختارهای غیر متمرکز زنجیره‌ی تأمین پرداختیم. در ساختار غیر متمرکز دو وضعیت را مورد تحلیل قرار دادیم: الف) تولیدکننده محصول را با قیمت یکسان به تمام خرده‌فروش‌ها می‌فروشد؛ ب) تولیدکننده محصولش را با قیمت‌های متفاوت به خرده‌فروش‌ها می‌فروشد. نتایج حاصل از تولید داده‌های تصادفی برای مدل‌ها نشان داد که اگرچه تفاوت مقادیر سود اجزاء زنجیره‌ی تأمین در این دو حالت چشم‌گیر نیست، تفاوت قیمت فروش محصول در این دو وضعیت ممکن است بسیار زیاد باشد. تولید داده‌های تصادفی برای پارامترهای مدل‌ها نشان داد که سود سیستم در حالت غیر متمرکز به‌طور متوسط ۰/۹۴ و حداقل ۰/۷۶ سود سیستم متمرکز است. همچنین در وضعیتی که مجموع تقاضای سیستم کم‌تر از نرخ تولیدِ تولیدکننده باشد تفاوت بین عملکرد سیستم متمرکز و غیر متمرکز بیشتر است.

سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده با بررسی تأثیر تغییر پارامترهای مربوط به: ۱. بازار خرده‌فروش‌ها (کشش قیمت نسبت به تقاضا و مقیاس بازار)، ۲. پارامترهای مربوط به سیستم تولیدکننده (نرخ تولید، هزینه تولید هر واحد و هزینه‌های حمل و نقل)؛ ۳. هزینه‌های سیستم‌های موجودی (هزینه‌های نگه‌داری و سفارش‌دهی) مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل‌ها نشان داد که تأثیر بیشتر پارامترها از قبیل نرخ تولید و هزینه‌های تولید هر واحد محصول بر عملکرد سیستم به این حقیقت بستگی دارد که آیا تقاضای کل سیستم با نرخ تولید برابر است یا از آن کم‌تر است. همچنین ملاحظه شد که پارامتر مربوط به کشش قیمت در مقایسه با تقاضا دارای تأثیری چشم‌گیر بر عملکرد سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده، و سود هریک از اجزاء آن است.

پانوشت‌ها

1. centralized supply chain
2. decentralized supply chain
3. double marginalization
4. bullwhipe effect
5. perfect coordination
6. pull replanishmen system

7. downstream
8. upstream
9. electronic data exterchange
10. Wal-Mart
11. Proctor & Gambel
12. Pasta
13. interactive optimization problem
14. static game
15. dynamic game
16. cooperative
17. none cooperative
18. zero sum game
19. perfect information
20. imperfect information
21. leader
22. follower
23. franchise
24. bargaining
25. Cobb Douglas
26. market scale
27. demand elasticity
28. common replanishment cycle
29. leader-follower
30. player
31. mixed integer none linear programming
32. Stackelberg equilibrium
33. Karush-Kuhn-Tucker
34. orthogonality
35. complementarity condition

منابع (References)

1. Giannoccaro, I. and Pontrandolfo, P. "Supply chain coordination by revenue sharing contracts", *International Journal of Production Economics*, **89**(2), pp. 131-139 (2004).
2. Choi, T.M., Duan, L. and Houmin, Y. "Mean-variance analysis of a single supplier and retailer supply chain under a return policy", *Eurropean Journal of Operational Research*, **184**, pp. 356-376 (2008).
3. Zhibing, L., Chen, C. and Baoguang, X. "Supply chain coordination with insurance contract", *European Journal of Operation Research*, **205**, pp. 339-345 (2010).
4. Sijie, L., Zhau, Z. and Lihua, H. "Supply chain coordination and decision making under consignment contract with revenue sharing", *Int. J. Production Economics*, **120**, pp. 88-99 (2009).
5. Tyan, J. and Hui-Ming, W. "Vendor managed inventory: A survey of the Taiwanes grocery industry", *Jornal of Purchesung and Supply Management*, **9**, pp. 11-18 (2003).
6. Yugang, Y., Feng, Ch. and Haoxun, Ch. "A stackelberg game and its improvment in a VMI system with a manufacturing vendor", *European Journal of Operational Research*, **192**, pp. 929-048 (2009).
7. Ortmeyer, R.D. and Buzzell, G. "Channel partnerships streamline distribution", *Sloan Management Review*, **36**, pp. 85 (1995).
8. Chalener, C. "Tacking the VMI step to collaborative commerce", *Chemical Market Reporter*, **258**(21), pp. 11-12 (2000).
9. Shah, B.J. "ST, HP VMI program hitting its striade", *Electronics Business News(EBN)*, **1309**, pp. 42-43 (2002).
10. Yugang, Y. and George, Q.H. "Nash game model for optimizing market strategies, configuration of platform products in a Vendor Managed Inventory (VMI) supply chain for product family", *European Journal of Operational Research*, **206**, pp. 361-373 (2010).
11. Almehdawe, E. and Mantin, B. "Vendor managed inventory with capacitated manufacturer and multiple retailer: Retailer versus manufacturer leadership", *Int. J. Produaction Economics*, **128**, pp. 292-302 (2010).
12. Yuagang, Y., George, Q. and Liang, L. "Stackelberg game-theoretic model for optimizing advertising,pricing and inventory policies in vendor managed inventory (VMI) production supply chains", *Computer & Industrial Engineering*, **57**, pp. 368-382 (2009).
13. Zhao, X. and Guan, R, "On contract for VMI program with continuous review (r,Q) policy", *European Journal of Operational Research*, **207**, pp. 656-667 (2010).
14. Khahraman, A. "Game theory and its applications (static and dynamic games with complete information) Jehad university press, Tehran unit 1-22 (In Persain) (2009).
15. Bodang, C.B. and Fry, M.J. "A numerical analysis of supply chain performance under split decision rights", *Omega The International Journal of Management Science*, **37**, pp. 358-379 (2009).
16. Cachon, P.G. and Netessine, S. "Game theory in supply chain analysis", in Supply Chain Analysis in the eBusiness (2003).
17. Nagarajan, M. and Sosic, G. "Game-theoretic analysis of cooperation among supply chain agents: Review and extensions", *European Journal of Operational Research*, **187**, pp. 719-745 (2008).
18. Fiestras, M.G. Garcia-Jurado, I., Meca, A. and Mosquera, M.A. "Cooperative game theory and inventory management", *European Journal of Operational Research*, **210**, pp. 459-466 (2010).
19. Yiayn, Q., Huanwen, T. and Chonghui, G. "Channel coordination and volume discounts with price-sensetive demand", *Int. J. Production Economics*, **105**, pp.43-55 (2007).
20. Yu, H., Amy, Z.Z. and Lindu, Z. "Analyzing the evolutionary stability of the vendor-managed inventory supply chains", *Computer & Industrial Engineering*, **56**, pp. 274-282 (2009).
21. Lau, A., Lau, H. and Zhou, Y. "A stochastic and asymmetric-information framework for a dominant-manufacturer supply chain", *European Journal of Operational Researc*, **176**, pp. 295-316 (2007).
22. Viswanathan, S. and Piplani, R. "Coordinating supply chain inventories through common replenishment epochs", *European Journal of Operational Research*, **129**, pp. 277-286 (2001).

MODELING AND SENSITIVITY ANALYSIS OF VENDOR MANAGED INVENTORY SYSTEM BASED UPON STACKELBERG GAME THEORY, ASSUMING THAT THE PRODUCER IS THE LEADER

Y. Z. Mehrjerdi(corresponding author)
yazm2000@yahoo.com
M. S. Fallahnejad
saber9876@yahoo.com
H. Rasay
hasan.rasay@gmail.com
Dept. of Industrial Engineering
Yazd University

Sharif Industrial Engineering and Management Journal
Volume 29, Issue 2, Page 93-103, Original Article

© Sharif University of Technology

- Received 16 May 2011; received in revised form 21 February 2012; accepted 17 April 2012.

Abstract

In this paper, we consider a supply chain consisting of one producer and multiple retailers, where the producer applies a vendor managed inventory in the supply chain. Production of a single product is assumed and the demand for this item in the retail market is a decreasing function, with respect to price. Although similar problems have been studied and analyzed by several researchers in the past, this work differs from others in several ways.

The most important contributions of this article are: (1) Modeling centralized and decentralized states of the considered supply chain as non-linear programming. (2) Considering two situations for the decentralized supply chain: (a) producer sells the product at the same unit price to all retailers; (b) producer sells the product at different prices to retailers; (c) producing random data for parameters of the models and comparing centralized and decentralized state performances with each other; and (d) providing a sensitivity analysis for model parameters and vendor managed inventory systems. It is worthwhile to note that the decentralized state formulation is performed based on the Stackelberg game theory, and under the assumption that the producer is the leader of the game.

The results of our analysis indicate that; (i) differences in selling prices for retailers does not have much effect on the member profits of the supply chain, but can have a significant effect on prices; (2) sensitivity analysis of the model parameters indicates that the influence of each parameter on system performance significantly depends on whether the overall demand of the system is less than the production rate or is equal to the production rate; (3) considering system performance in the centralized state as a benchmark, system profit in a decentralized state is, on average, 0.94 centralized system profit. Also, for cases in which the overall demand of the system is less than the production rate, the difference between centralized and decentralized states is greater than that of the case whose production rate is equal to overall demand.

Key Words: Vendor managed inventory, game theory, Stackelberg game, centralized supply chain, non-centralized supply chain.