International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2015)

June2015, Volume 26, Number 2
pp.171 -184

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

JOINT PRICING AND INVENTORY CONTROL FOR DETERIORATING ITEMS IN A TWO ECHELON SUPPLY CHAIN WITH LOT FOR LOT POLICY

Isa Nakhai Kamalabadi* & Farid Peymandoost

***Isa Nakhai Kamalabadi**, Professor of Industrial Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Tarbiat modares university, Tehran*
***Farid Peymandoost**, Master Student of Industrial Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Tarbiat modares university, Tehran*

Keywords

Supply chain,
Deteriorating Items,
Inventory control,
Pricing

ABSTRACT

Determining the optimal policy for inventory control and pricing has been an important challenge in supply chain management for deteriorating items. Moreover, the intensification of competition has made the organizations to cooperate with the other firms in the supply chain in order to maintain the competitive position and improve their profitability as well. Hence, to address these issues all together, in this paper, we have developed an EOQ model for a deteriorating item in a two echelon supply chain, consisting of a manufacture and a retailer, where the demand rate is a deterministic linear function of the selling price, and the manufacture uses a lot-for-lot policy for delivering the final products. The model has been discussed in both integrated and non-integrated forms. The objective is to find the optimal pricing and replenishment policy for both members of the supply chain, which maximize the total profit. A numerical example and sensitivity analysis is given to illustrate the model in the final section of the paper, which shows that the integrated strategy results in higher overall profit as compared with the independent decision approach.

©2015 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 26, No. 2, All Rights Reserved

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد
شمـــاره ۲، جلـــد ۲۶، تابستان۱۳۹۴
صفحـــه ۱۸۴-۱۷۲
ISSN: 2008-4870
http://IJIEPM.iust.ac.ir/

قیمت‌گذاری و کنترل موجودی همزمان کالاهای فسادپذیر در یک زنجیره تامین دو سطحی با رویکرد انباشته به انباشته

عیسی نخعی* و فرید پیمان دوست

کلمات کلیدی

زنجیره تامین،
کالاهای فسادپذیر،
کنترل موجودی،
قیمت‌گذاری

چکیده:

تعیین سیاست بهینه کنترل موجودی و قیمت‌گذاری برای کالاهای فسادپذیر یکی از چالشهای مهم زنجیره‌های تامینی است که با اینگونه از کالاها سر و کار دارند. از طرفی تشدید رقابت در سالهای اخیر، سازمانها را وادار به هماهنگی با سایر اعضای زنجیره به منظور حفظ موقعیت رقابتی و افزایش سودآوری نموده است. بنابراین به منظور درنظر گرفتن مسائل فوق به صورت یک مساله واحد، در این مقاله یک مدل موجودی سفارش اقتصادی و قیمت‌گذاری همزمان در یک زنجیره دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش که در آن نرخ تقاضا قطعی و تابعی خطی از قیمت فروش بوده و تولیدکننده از سیاست انباشته به انباشته برای ارسال محموله استفاده می‌نماید، ارائه شده است. مدل در دو حالت یکپارچه و غیر یکپارچه بررسی شده است. هدف مساله تعیین قیمت فروش و سیاست بهینه بازپرسازی برای خرده‌فروش و تولیدکننده به منظور حداکثرسازی سود کل زنجیره است. در انتهای مقاله روش حل معرفی شده ومثالهای عددی به همراه تحلیل حساسیت به منظور تشریح مدل ارائه شده است. بررسیهای عددی نشان می‌دهد که سود کل زنجیره با هماهنگی اعضا افزایش چشمگیری دارد.

۱. مقدمه

به دلیل افزایش هزینه‌ها، روند جهانی شدن، محدود شدن منابع، کوتاهتر شدن دوره عمر کالاها و زمان سریعتر پاسخ به مشتریان، توجه به سمت یکپارچگی زنجیره تامین جلب شده است و یک شبکه زنجیره تامین کارانیازمند همکاری بین تامین‌کنندگان و خریداران است. یکی از ابزارهای مهم در ایجاد هماهنگی در زنجیره تامین، قیمت‌گذاری است که از طریق تطبیق بهتر عرضه و تقاضا، یک اهرم مهم به منظور افزایش منافع زنجیره تامین به شمار می‌رود. در واقع قیمت‌گذاری یکی از عاملهای مهم موثر بر سطح و نوع تقاضایی است که یک زنجیره تامین با آن روبرو است.[۱] حال زمانی که کالا فسادپذیر باشد، مساله قیمت‌گذاری اهمیت دوچندانی می‌یابد.

تاریخ وصول: ۹۱/۶/۲۵
تاریخ تصویب: ۹۲/۷/۲

فرید پیمان دوست: دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس،Farid_pdt@yahoo.com
***نویسنده مسئول مقاله:دکتر عیسی نخعی،** استاد گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی ، دانشگاه تربیت مدرس

چرا که با ارائه راهکارهای مناسب قیمت‌گذاری می‌توان تقاضای این اقلام را تا حد زیادی مدیریت نموده و مانع از اتلاف سرمایه به دلیل فاسد شدن کالا شد. با توجه به تعریف وی[۱] (۱۹۹۳)"کالای فساد پذیر به کالایی اطلاق می‌شود که فاسد می‌شود، آسیب می‌بیند، تبخیر می‌شود، تاریخ انقضای آن تمام می‌شود، غیر معتبر می‌شود و یا ارزش آن در طول زمان کاهش می‌یابد" [۲] از طرفی به دلیل آنکه تقاضای یک محصول برای اغلب کالاها به جز کالاهای لوکس تابعی از قیمت بوده و سفارشات صورت گرفته توسط اعضای مختلف زنجیره به عضو بالادستی خود برحسب تقاضاهای آنها صورت می‌گیرد، مشخص است که مساله قیمت‌گذاری و سیاستهای سفارش‌دهی و کنترل موجودی تصمیمات وابسته‌ای هستند. بنابراین لازم است تا به منظور مدیریت بهتر تقاضا و ایجاد سیاستهای بهینه موجودی، قیمت‌گذاری در کنار مسائل موجودی به صورت توام مورد بررسی قرار گیرد.[۳]

در این مقاله یک مدل قیمت‌گذاری و کنترل موجودی به صورت همزمان برای کالاهای فسادپذیر در یک زنجیره تامین دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش با خط‌مشی ارسال محموله به صورت انباشته به انباشته[۲] از تولیدکننده به خریدار ارائه شده و مدل در

دو حالت یکپارچگی و عدم یکپارچگی زنجیره تامین مورد بررسی قرار می‌گیرد.این مدل درواقع توسعه ای بر مدلهای مقالات [۱۳-۱۵] است که قیمت گذاری و کنترل موجودی را در دوسطح مورد بررسی قرار می دهد. هدف از این مدل یافتن مقادیر بهینه قیمت خرده‌فروشی، مقدار سفارش‌دهی و زمانبندی بازپرسازی[۳] اعضا به منظور حداکثر کردن سود کل زنجیره است. در این مدل کمبود برای هر دو عضو زنجیره غیرمجاز بوده و تقاضا تابعی خطی برحسب قیمت در نظر گرفته شده است. مهمترین نوآوریهای این مدل در گسترش مدلهای رایج تک سطحی به دو سطح شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش و درنظر گرفتن توام پارامترهای قیمت و زمان در تابع تقاضا به منظور لحاظ کردن خواص منحصر به فرد کالاهای فسادپذیر می باشد. همچنین معدود مقالاتی که به موضوع این تحقیق نزدیکتر هستند، بدون استثنا از تقریبهای مختلف نظیر سری تیلور برای ساده‌سازی مدل استفاده نموده‌اند، اما در این مدل هیچ تقریب خطی و ساده‌سازی صورت نگرفته و تمام جوابهای حاصل از مدلهای ارائه شده، مقادیر دقیق هستند. متاسفانه به دلیل پیچیدگی مشتقات درجه دوم تابع هدف و همچنین دترمینان ماتریس هشین[۴]، امکان اثبات تقعر یا عدم تقعر تابع هدف در حالت یکپارچگی اعضا وجود ندارد و تقعر تابع سود از طریق مثال عددی بررسی شده و سپس مدل مورد تحلیل حساسیت قرار گرفته است. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Mathematical 8.0.4 استفاده شده است.

باقی مطالب این مقاله در قالب چارچوب زیر ارائه شده است : در بخش دوم، ابتدا مقالات مربوط به قیمت‌گذاری و کنترل موجودی کالاهای فسادپذیر با تمرکز بر مدلهای چندسطحی مرور شده‌اند.در بخش سوم مفروضات و نمادهای به کار رفته در مدل معرفی شده و در بخش چهارم مدل پیشنهادی در دوحالت هماهنگی و عدم هماهنگی اعضا ارائه شده است. بخش پنجم مربوط به روش حل و ارائه مثالهای عددی است و تحلیل حساسیت مدل در بخش ششم مطرح شده است. در بخش آخر نتیجه‌گیری مقاله و پیشنهادات مربوط به تحقیقات آتی ارائه شده است.

۲. مرور ادبیات

تحقیق در زمینه کالاهای فساد پذیر با کار ویتین[۵][۴] در سال ۱۹۵۷ آغاز شد. او کالاهای مد[۶] که در انتهای یک دوره منسوخ می‌شوند را در نظر گرفته بود. مدل موجودی برای کالاهایی که به طور نمایی فاسد می‌شوند، ابتدا توسط قاره و شرادر[۷][۵] در سال ۱۹۶۳ ارائه شد. آنها مشاهده کردند که کالاهای خاصی در طی زمان با نسبتی که از طریق تابع نمایی منفی قابل تخمین است ، تخریب می‌شوند. گویال و گیری[۸][۶] مرور جامعی بر مطالعات مدلهای موجودی کالاهای فسادپذیر دهه ۹۰ ارائه دادند. لی و همکاران[۹][۲] با رویکرد جدیدی براساس محدوده مطالعه، ادبیات مدلهای موجودی کالاهای فسادپذیر را در دو دسته بنگاه[۱۰] و زنجیره تامین و با تمرکز بر معیارهای کلیدی تقاضا و نرخ فسادپذیری مرور نمودند.

الیون و مالایا[۱۱][۷]اولین کسانی بودند که قیمت‌گذاری کالاهای فسادپذیر را بررسی کردند. آنها فرض کردند که کالا دارای عمر مفیدی است که قبل از تاریخ انقضای آن فاسد شدن روی نمی-دهد.وی [۸] یک مدل موجودی قطعی با تخفیف مقداری، قیمت گذاری و پس‌افت پاره‌ای و فسادپذیری متناسب با زمان را بررسی کرد. او نرخ تقاضا را براساس قیمت نزولی در نظر گرفت و فرض کرد، مقدار موجودی براساس تابع ویبول دو پارامتری نسبت به زمان فاسد می‌شود. آباد[۱۲][۳]مساله قیمت‌گذاری و تعیین اندازه انباشته برای کالاهای فسادپذیر را در شرایط تولید محدود، فساد نمایی، پس‌افت پاره‌ای و فروش از دست رفته بررسی نمود. چنگ و همکاران[۱۳][۹]یک مدل سفارش اقتصادی برای یک خرده فروش طراحی کردند تا بتواند قیمت فروش، تعداد و زمانبندی بهینه بازپرسازی را با در نظر گرفتن پس‌افت پاره‌ای تعیین نماید. نرخ فسادپذیری در این مدل ثابت درنظر گرفته شده است و تقاضا تابعی لگاریتمی - مقعر از زمان و تابعی نزولی از قیمت فروش است. تنگ و همکاران[۱۴][۱۰]مدلآباد [۳] رابا اضافه کردن هزینه پس‌افت و هزینه حس‌نیت[۱۵] ناشی از فروش از دست‌رفته گسترش دادند،دای و همکاران[۱۶][۱۱]یک مدل موجودی قطعی برای کالاهای فسادپذیر با تقاضای وابسته به قیمت مطرح کردند که در آن نرخ تقاضا و نرخ فسادپذیری توابعی پیوسته و مشتق‌پذیر به ترتیب بر حسب قیمت و زمان هستند. همچنین در این مدل کمبود مجاز بوده و تقاضای برآورده نشده با نرخ نمایی منفی بر حسب زمان انتظار پس‌افت می‌گردد. تساو و شین[۱۷][۱۲]مساله قیمت‌گذاری پویا، ترفیعات و بازپرسازی برای اقلام فسادپذیر در شرایطی که تامین‌کننده اعتبار تجاری ارائه می‌دهد و خرده‌فروش تلاشهایی جهت ترفیع انجام می‌دهد، بررسی نمودند. در این مدل تقاضا تابعی توام از قیمت و زمان، فسادپذیری تابعی از مقدار موجودی دردست و افق برنامه‌ریزی محدود است. نخعی و میهمی [۱۳] یک مدل قیمت‌گذاری و کنترل موجودی همزمان برای کالاهای فسادپذیر آنی و درنظر گرفتن کمبود به صورت پس‌افت پاره‌ای ارائه داده و به صورت تحلیلی بهینگی جوابهای بدست آمده را اثبات نمودند. میهمی و نخعی [۱۴] یک مدل قیمت‌گذاری و کنترل‌موجودی توام برای کالاهای فسادپذیر غیرآنی ارائه دادند. آنها فرض کردند که تقاضا تابعی خطی از قیمت و نمایی برحسب زمان است و کمبود به صورت پاره‌ای، پس‌افت می‌گردد و مقدار پس‌افت تابعی از زمان انتظار است. میهمی و نخعی [۱۵]همچنین این مساله را با فرض تاخیر مجاز در پرداختها گسترش دادند.

مقالاتی که تاکنون معرفی شدند، مساله قیمت‌گذاری و کنترل موجودی کالاهای فسادپذیر را تنها برای یک بنگاه بررسی نموده‌اند. حال آنکه با توجه به تشدید رقابت جهانی، سازمانها ناچار به ایجاد هماهنگی با سایر اعضایزنجیره تامین خود هستند. در این راستا یانگ و وی [۱۶] یک مدل خط مشی تولید- موجودی برای یک کالای فسادپذیر با نرخ ثابت تقاضا و تولید ارائه دادند که در آن یک تامین-کننده و چندین خرده‌فروش لحاظ شده بودند. بررسیهای این مقاله نشان می‌داد که در اثر هماهنگی اعضای زنجیره به میزان محسوسی از هزینه‌های سیستم نسبت به حالت استقلال اعضا کاسته می‌شود. رائو و همکاران[۱۸] [۱۷] یک مدل موجودی چندسطحی برای کالاهای فسادپذیر ارائه دادند که در آن هزینه کل زنجیره شامل تامین‌کننده، تولیدکننده و خریدار حداقل می‌شد. در این مدل نرخ تقاضا و تولید ثابت بوده و کمبود غیرمجاز لحاظ شده است. در هر دوره چندین انباشته با اندازه یکسان به سطح پایین دستی تحویل داده می‌شود. ونگ و همکاران[۱۹] [۱۸] یک مدل موجودی سه سطحی شامل یک تولیدکننده، یک توزیع کننده و یک خرده‌فروش، برای اقلام فسادپذیر ارائه دادند که در آن نرخ فسادپذیری تابعی از زمان بوده و برای هرجز از زنجیره، متفاوت است. در واقع این مدل بررسی می‌کند که نرخ متفاوت فسادپذیری در هرسطح، چه اثری بر کارایی خط مشی موجودی تک تک اعضا و کل زنجیره می‌گذارد. منافع و زیانهای حاصل از ادغام زنجیره، دراین مقاله از طریق ارائه یک سیاست جبرانی[۲۰] مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. عطائی و ماکوئی [۱۹] برنامه ریزی چندهدفه تامین توام برای کالاهای فسادپذیر با طول عمر ثابت و تاریخ انقضای مشخص را با درنظر گرفتن یک تامین کننده و تعدادی خریدار مورد مطالعه قرار دادند. مساله مورد نظر در این مقاله از دو دیدگاه بازپرسازی توام و برنامه ریزی مشارکتی بررسی شده است.

مقالات اشاره شده در بخش قبلی، مدلهای چندسطحی بودند که مبحث قیمت‌گذاری را درنظر نگرفته بودند. مدل مارتین[۲۱] [۲۰] یکی از اولین مطالعات صورت گرفته در این زمینه است که مساله تعیین فواصل بهینه بازپرسازی و قیمتهای بهینه تخفیف یافته برای خرده‌فروش و مشتری نهایی را برای یک کالای زوال‌پذیر در یک زنجیره تامین دوسطحی با یک خریدار و یک تامین‌کننده بررسی نموده است.در مدل او یک روش برای چانه‌زنی توزیع سود حاصل از هماهنگی اعضا، ارائه شده است.در این مدل تقاضا تابعی نمایی از زمان و خطی برحسب قیمت فرض شده و کمبود غیرمجاز درنظر گرفته شده است. یانگ[۲۲] [۱] یک مدل قیمت‌گذاری و سفارش‌دهی بهینه برای کالاهای فسادپذیر با تقاضای وابسته خطی به قیمت ارائه داد. در این مدل یک فاکتور چانه‌زنی لحاظ شده تا سود بین دو طرف توافق را متعادل نماید و کمبود غیرمجاز بوده و نرخ فسادپذیری ثابت است. یانگ و وی [۱۶]مدل مشابهی را برای یک کالای الکترونیکی با فناوری بالا[۲۳] و با چرخه عمر کوتاه ارائه دادند و برای حل مدل از سری تیلور استفاده نمودند. در این مدل همانند مدل یانگ [۱]سه سناریوی عدم هماهنگی، هماهنگی بدون تخفیف و هماهنگی با تخفیف مقداری بررسی شده است.وی و یانگ[۲۱]یک مدل قیمت‌گذاری و بازپرسازی بهینه برای یک زنجیره تامین چابک[۲۴] و ناب[۲۵] شامل یک تامین‌کننده و چندین خریدار ارائه دادند. در این مدل نرخ تقاضای خریداران ثابت بوده و طول دوره تمام خریداران یکسان لحاظ شده است.یویانگ و همکاران[۲۶] [۲۲] یک مدل موجودی دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خریدار که در آن نرخ تقاضا تابعی توانی از قیمت بوده و هر دو عضو زنجیره به دنبال مقدار اقتصادی سفارش به منظور حداکثرسازی سود کل زنجیره هستند را بررسی نموده‌اند. در این مدل تامین‌کننده اعتبار تجاری به خریدار اعطا می‌کند که در آن میزان اعتبار به اندازه سفارش بستگی دارد. چن و چنگ[۲۷] [۲۳] مساله تعیین همزمان قیمت بهینه خرده‌فروشی، زمان‌بندی بازپرسازی و تعداد دفعات ارسال محموله کالا در شرایطی که زنجیره تامین مورد نظر شامل یک تولیدکننده و چندین خریدار بوده و تقاضای خریداران تابعی خطی از قیمت ونمایی برحسب زمان است را در دو حالت یکپارچگی و عدم یکپارچگی زنجیره تامین بررسی نمودند. به منظور تسهیم سود حاصل از یکپارچکی از یک مکانیزم تخفیف شبکه[۲۸] استفاده شده است.

بنابراین مدلهای قیمت‌گذاری کالاهای فسادپذیری که هماهنگی در زنجیره تامین را نیز درنظر می‌گیرند، به دلیل نزدیک شدن به شرایط واقعی کسب و کار از اهمیت بالایی برخوردارند اما علی‌رغم این اهمیت، مقالاتی که این موضوعات را به صورت توام مورد بررسی قرار دهند، کمتر در ادبیات کالاهای فسادپذیر به چشم می‌خورند. همچنین بیشتر مقالات بررسی شده در ادبیات که مساله موجودی و قیمت‌گذاری زنجیره‌های جندسطحی برای کالاهای فسادپذیر را درنظر گرفته‌اند، از تقریبهای خطی نظیر بسط تیلور برای حل مدل استفاده نموده‌اند. اما جوابهای بدست آمده در این تحقیق بدون هیچ‌گونه تقریبی به صورت دقیق در نرم‌افزار Mathematical 8.0.4محاسبه شده است. همچنین در این مدل هزینه ناشی از فاسدشدن کالا که در اغلب مدلهای مشابه نادیده گرفته شده است، لحاظ شده است.

۳. مفروضات و نمادها

در این مقاله نیز مشابه همه مقالات موجود در ادبیات مفروضاتی لحاظ شده که در این بخش معرفی خواهند شد.

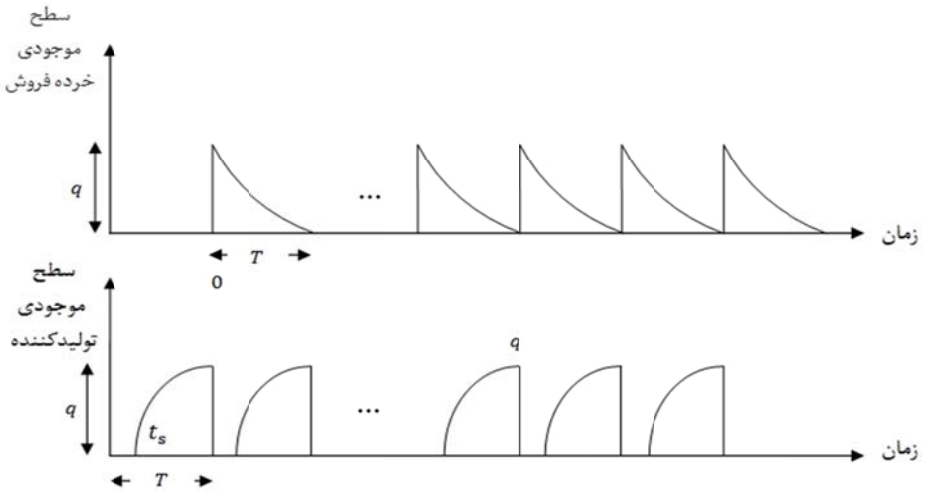
۳-۱. مفروضات

۱. زنجیره مورد نظر شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است که یک محصول را تولید می‌کنند.

۲. کالای مورد نظر فسادپذیر از نوع آنی[۲۹] بوده و نرخ فسادپذیری آن در هرلحظه مقدار ثابتی از موجودی در دست است.
۳. زمان تدارک[۳۰] صفر درنظر گرفته است.
۴. نرخ بازپرسازی محدود بوده و بازپرسازی به صورت آنی صورت می‌گیرد.
۵. تابع تقاضا به شکل $D(p) = (a - bp)$ درنظر گرفته شده است که تابعی نزولی و خطی برحسب قیمت فروش کالاست و $a-bp > 0$
۶. کالاهایی که در طول دوره فاسد می‌شوند، تعویض یا تعمیر نمی‌شوند.
۷. کمبود برای هردو عضو زنجیره غیر مجاز است.
۸. افق زمانی سیستم نامحدود فرض شده است.
۹. تولیدکننده از سیاست انباشته به انباشته استفاده می‌نماید، بنابراین در هر دوره کالا به اندازه سفارش خرده‌فروش تولید و ارسال می‌گردد.

۳-۲. نمادهای به کار رفته در مدل

نرخ فاسد شدن کالا	θ	سطح موجودی تولیدکننده در زمان t	$I_m(t)$
پارامترهای ثابت تابع تقاضا	$a, b > 0$	نرخ تولید برای تولیدکننده	ρ
قیمت فروش هر واحد کالا	p	زمان شروع تولید در هر دوره	t_s
سطح موجودی خرده‌فروش در زمان t	$I_r(t)$	تعداد دفعات ارسال کالا از تولیدکننده به خرده‌فروش (عدد صحیح)	n
طول دوره بازپرسازی برای خرده‌فروش	T	هزینه هربار راه‌اندازی برای تولیدکننده	X
مقدار سفارش خرده‌فروش در هر دوره	q	هزینه نگهداری هر واحد کالا برای تولیدکننده	h_m
هزینه خرید هر واحد کالا برای خرده‌فروش	c	هزینه فاسد شدن هرواحد کالا برای تولیدکننده	k_m
هزینه نگهداری هر واحد کالا برای خرده‌فروش	h_r	درآمد تولیدکننده در هر دوره	R_m
هزینه سفارش‌دهی برای هر دوره خرده‌فروش	A	اندازه انباشته تولید برای تولیدکننده	Q_m
هزینه فاسد شدن هرواحد کالا برای خرده فروش	k_r	مقدار سود تولیدکننده در واحد زمان	π_m
درآمد خرده فروش در هر دوره	R_r	مجموع سود تولیدکنندهو خرده فروش در واحد زمان	π_T
مقدار سود خرده فروش در واحد زمان	π_r		



شکل ۱. نمایش سیستم موجودی خرده‌فروش و تولیدکننده با سیاست انباشته به انباشته

۴. مدل مساله

در این بخش مدل ریاضی مساله برای دو حالت یکپارچگی زنجیره تامین و عدم یکپارچگی آن ارائه می‌شود.

۴-۱. حالت اول: عدم یکپارگی زنجیره تامین

زمانی که یکپارچگی زنجیره تامین درنظر گرفته نشود، هرکدام از اعضا تنها به دنبال حداکثر کردن سود خود هستند و به منافع سایر

اعضا توجهی ندارند. در این شرایط با توجه به اینکه تولیدکننده در هر دوره به اندازه سفارش یک دوره خرده‌فروش تولید می‌نماید و طول دوره هر دو عضو زنجیره یکسان است، متغیرهای طول دوره و قیمت بهینه براساس حداکثرسازی تابع سود خرده‌فروش تعیین شده و درنتیجه اندازه انباشته تولیدکننده قابل محاسبه است.

۴-۱-۱. مدل خرده‌فروش

همانطور که از شکل مشاهده می‌شود، تغییرات سطح موجودی خرده‌فروش در هر دوره ناشی از تقاضا و فاسد شدن کالاست، بنابراین:

$$\frac{dI_r(t)}{dt} + \theta I_r(t) = -D(t) = -(a-bp)\ ,\quad 0 \le t \le T \tag{۱}$$

$$\Rightarrow I_r(t) = \frac{a-bp}{\theta} - ce^{\theta t} \tag{۲}$$

با توجه به اینکه سطح موجودی در درلحظه T برابر با صفر است خواهیم داشت :

$$I_r(t) = \frac{a-bp}{\theta}\left[e^{\theta(T-t)} - 1\right] \tag{۲}$$

مقدار سفارش خرده فروش در هر دوره برابر است با :

$$q = I_r(0) = \frac{a-bp}{\theta}\left[e^{\theta T} - 1\right] \tag{۳}$$

اجزای تابع هدف خریدار عبارت است از :
هزینه سفارش‌دهی که در هر دوره مقدار ثابت A درنظر گرفته شده است.
هزینه نگهداری :

$$HC_r = h_r \int_0^T I_r(t)dt = h_r \frac{(a-bp)(e^{\theta T} - \theta T - 1)}{\theta^2} \tag{۴}$$

هزینه فاسد شدن کالا:

$$DC_r = k_r \int_0^T \theta I_r(t)dt = k_r \frac{(a-bp)(e^{\theta T} - \theta T - 1)}{\theta} \tag{۶}$$

هزینه خرید در هر دوره :

$$PC_r = cq = cI_r(0) = c\frac{a-bp}{\theta}\left[e^{\theta T} - 1\right] \tag{۷}$$

درآمد هر دوره :

$$R_r = p\int_0^T D(p,t)\,dt = pT(a-bp) \tag{۸}$$

بنابراین تابع هدف خرده فروش که سود در واحد زمان است از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$\begin{aligned}&\pi_r = \frac{1}{T}[R_r - A - PC - HC - DC]\\ &\Rightarrow \pi_r\\ &= \frac{1}{T}(pT(a-bp) - A\\ &- h_r\frac{(a-bp)(e^{\theta T} - \theta T - 1)}{\theta^2} - k_r\frac{(a-bp)(e^{\theta T} - \theta T - 1)}{\theta}\\ &- c\frac{(a-bp)}{\theta}(e^{\theta T} - 1))\end{aligned} \tag{۹}$$

به منظور یافتن مقادیر بهینه p^*وT^*، که سود خرده فروش را حداکثر نماید، کافیست تا دستگاه معادلات همزمان زیر حل گردد:

$$\frac{\partial \pi_r}{\partial p} = a - 2bp - \frac{-\frac{bc(-1+e^{T\theta})}{\theta} - \frac{bh_r(-1+e^{T\theta}-T\theta)}{\theta^2} - \frac{bk_r(-1+e^{T\theta}-T\theta)}{\theta}}{T} = 0 \tag{۱۰}$$

$$\frac{\partial \pi_r}{\partial T} = -\frac{ce^{T\theta}(a-bp) + \frac{h_r(a-bp)(-\theta+e^{T\theta}\theta)}{\theta^2} + \frac{k_r(a-bp)(-\theta+e^{T\theta}\theta)}{\theta}}{T} + \frac{A + \frac{c(-1+e^{T\theta})(a-bp)}{\theta} + \frac{h_r(a-bp)(-1+e^{T\theta}-T\theta)}{\theta^2} + \frac{k_r(a-bp)(-1+e^{T\theta}-T\theta)}{\theta}}{T^2} = 0 \tag{۱۱}$$

پس از ساده سازی معادلات(۱۰) و (۱۱) در نرم‌افزار Mathematical 8.0.4، به معادلات (۱۲) و (۱۳) می رسیم.

$$\begin{aligned}&p^* = \frac{a}{2b} + \frac{(-1+e^{T\theta} - \theta T)(h_r + k_r\theta) + c\theta(-1+e^{T\theta})}{2T\theta^2}\\ &\frac{\partial \pi_r}{\partial T} = \frac{1}{T^2\theta^2}\Big(A\theta^2 - (a-bp)(h_r + (c+k_r)\theta)\Big(1 + e^{T\theta}(-1+T\theta)\Big)\Big) = 0\end{aligned} \tag{۱۲}$$

قضیه ۱. جوابی که از معادلات (۱۲) و (۱۳) به دست می‌آید دارای شرایط درجه دوم برای حداکثر کردن تابع هدف خرده‌فروش به صورت مطلق است.

اثبات : برای اینکه جواب حاصل از معادلات (۱۲) و (۱۳)،جواب بهینه مساله حداکثرسازی تابع هدف خرده‌فروش باشد لازم است تا شرایط زیر برقرار گردد:

$$\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial T^2} = \frac{-2A\theta^2 - (a-bp)(h_r + (c+k_r)\theta)\left(-2 + e^{T\theta}(2 - 2T\theta + T^2\theta^2)\right)}{T^3\theta^2} < 0 \quad (۱)$$

$$\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial p^2} = -2b < 0 \quad (۲)$$

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial T^2} & \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial T\,\partial p} \\ \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial p\,\partial T} & \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial p^2} \end{bmatrix} \Rightarrow Det(H) = \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial T^2} * \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial p^2} - \left(\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial T\,\partial p}\right)^2 > 0$$
$$\Rightarrow \frac{1}{T^4\theta^4} b\left(-b(h_r + (c+k_r)\theta)^2\left(1 + e^{T\theta}(-1+T\theta)\right)^2 - 2T\theta^2\left(-2A\theta^2 - (a-bp)(h_r + (c+k_r)\theta)\left(-2 + e^{T\theta}(2 - 2T\theta + T^2\theta^2)\right)\right)\right) > 0 \quad (۳)$$

با توجه به اینکه مقدار تقاضا نمی‌تواند منفی باشد و به عبارت دیگر 0a-bp < است، بنابراین رابطه (۱) همواره منفی است، از طرفی بنابر فرض 0 < b، به وضوح مشخص است که رابطه (۲) مقداری منفی خواهد داشت.

همچنین بررسی دترمینان در نرم‌افزارMathematical 8.0.4نشان می‌دهد که مقدار دترمینان فوق به ازای T^*وp^* همواره مثبت است. به عبارت دیگر ماتریس هشین به ازای جوابهای بهینه معین مثبت[۳۱] می‌باشد.

۴-۱-۲- مدل تولیدکننده در حالت Lot for lot

زمانی که تولیدکننده از سیاست انباشته به انباشته استفاده می‌کند، لازم است تا در هر دوره، به میزان سفارش خرده‌فروش در طی یک دوره، یعنی q واحد کالا تولید نماید. بنابراین مطابق شکل تغییرات موجودی تولیدکننده در طی یک دوره ناشی از تولید و فاسد شدن کالاست، بنابراین:

$$\frac{dI_m(t)}{dt} + \theta I_m(t) = \rho \quad t_s \le t \le T \quad (۱۷)$$

$$\Rightarrow I_m(t) = \frac{\rho}{\theta} + ce^{-\theta t} \quad t_s \le t \le T \quad (۱۸)$$

با توجه به اینکه سطح موجودی تولیدکننده در ابتدای دوره تولید(t_s) برابر صفر است، داریم :

$$I_m(t) = \frac{\rho}{\theta}\left(1 - e^{\theta(t_s - t)}\right) \quad t_s \le t \le T \quad (۱۹)$$

از طرفی سطح موجودی در لحظه T برابر با مقدار سفارش خرده-فروش (یعنی q) خواهد بود، به عبارت دیگر :

$$I_m(T) = q \Rightarrow \frac{\rho}{\theta}\left(1 - e^{\theta(t_s - T)}\right) = \left(\frac{a-bp}{\theta}\right)\left(e^{\theta T} - 1\right) \quad (۲۰)$$

بنابراین زمان شروع تولید در هر دوره از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$\Rightarrow t_s = \frac{1}{\theta}\ln\left[1 - \frac{\theta}{\rho} * \left(\left(\frac{a-bp}{\theta}\right) * \left(e^{\theta T} - 1\right)\right)\right] + T \quad (۲۱)$$

تابع هدف تولیدکننده با رویکرد lot for lotدارای اجزای زیر خواهد بود :

هزینه راه‌اندازیکه درهر دوره مقدار ثابت X در نظر گرفته شده است.

هزینه نگهداری کالاها :

تعداد کل کالاهای نگهداری شده توسط تولیدکننده در دوره تولید برابر است با :

$$TH_m = \int_{t_s}^{T} I_m(t)d(t) = \frac{\rho}{\theta}\left((T - t_s) + \frac{1}{\theta}\left(e^{\theta(t_s - T)} - 1\right)\right) \quad (۲۲)$$

بنابراین هزینه نگهداری کالا برای تولیدکننده در هر دوره برابر است با :

$$HC_m = h_m(TH_m) \quad (۲۳)$$

هزینه فاسد شدن کالاها :

تعداد اقلام فاسدشده در طول دوره تولید، برابر است با

$$TD_m = \int_{t_s}^{T} \theta I_m(t)d(t) = \rho\left((T - t_s) + \frac{1}{\theta}\left(e^{\theta(t_s - T)} - 1\right)\right) \quad (۴)$$

بنابراین هزینه فاسدشدن کالا برای تولیدکننده در هر دوره برابر است با :

$$DC_m = k_m(TD_m) \quad (۲۵)$$

درآمد تولیدکننده در هر دوره :

همانطور که قبلا اشاره شد، تولیدکننده در هر دوره به میزان سفارش یک دوره خرده فروش، تولید می نماید، بنابراین، درآمد تولیدکننده در یک دوره برابر است با :

$$R_m = cq = cI_r(0) = c\left(\frac{a-bp}{\theta}\right)\left[e^{\theta T}-1\right] \qquad (۲۶)$$

بنابراین تابع هدف تولیدکننده به صورت زیر قابل نمایش است :

$$\begin{aligned}\pi_m &= \frac{1}{T}(R_m - X - DC_m - HC_m)\\ &= \frac{1}{T}\Bigg(c\left(\frac{a-bp}{\theta}\right)(e^{\theta T}-1)\\ &\quad -\Bigg(X\\ &\quad + h_m\frac{\rho}{\theta}\Big((T-t_s)\\ &\quad + \frac{1}{\theta}\left(e^{\theta(t_s-T)}-1\right)\Big)\\ &\quad + k_m\rho\Big((T-t_s)\\ &\quad + \frac{1}{\theta}\left(e^{\theta(t_s-T)}-1\right)\Big)\Bigg)\Bigg)\end{aligned} \qquad (۲۷)$$

۴-۲. حالت دوم : یکپارچگی زنجیره تامین

در شرایط هماهنگی اعضای زنجیره، خرده‌فروش و تولیدکننده با یکدیگر همکاری می‌کنند تا سود کل زنجیره حداکثر گردد. در چنین شرایطی به جای حداکثرسازی سود تک‌تک اعضا، سود کل زنجیره که برابر با مجموع سود تولیدکننده و خرده‌فروش است، به عنوان تابع هدف مساله ماکسیمم‌سازی مدنظر قرار می‌گیرد. توجه داشته باشید که در اینجا فقط مدل کلی هماهنگی زنجیره مدنظر بوده و از تکنیکهای مختلف هماهنگ سازی نظیر تخفیف مقداری و سایر موارد استفاده نشده است. بنابراین :

$$\pi_T = \pi_r + \pi_m = p(a-bp) - \frac{A + \frac{c(-1+e^{T\theta})(a-bp)}{\theta} + \frac{h_r(a-bp)(-1+e^{T\theta}-T\theta)}{\theta^2} + \frac{k_r\left(\frac{a-}{bp}\right)(-1+e^{T\theta}-T\theta)}{\theta}}{T}$$
$$+ \frac{-x + \frac{c(-1+e^{T\theta})(a-bp)}{\theta} - k_m\left(-s+T+\frac{-1+e^{(t_S-T)\theta}}{\theta}\right)\rho - \frac{h_m\left(-s+T+\frac{-1+e^{(t_S-T)\theta}}{\theta}\right)\rho}{\theta}}{T} \qquad (۲۸)$$

در این حالت به منظور یافتن قیمت و طول بهینه دوره بازپرسازی لازم است تا معادلات همزمان زیر برقرار گردد :

$$\begin{aligned}\frac{\partial \pi_T}{\partial T} = \frac{1}{T^2}\Bigg(&A + X - \frac{(a-bp)T\left(\left(-1+e^{T\theta}\right)h_r + \left(ce^{T\theta} + \left(-1+e^{T\theta}\right)k_r\right)\theta\right)}{\theta} + \frac{h_r(a-bp)\left(-1+e^{T\theta}-T\theta\right)}{\theta^2} + \frac{k_r(a-bp)\left(-1+e^{T\theta}-T\theta\right)}{\theta}\\ &+ \frac{e^{T\theta}(a-bp)T\left(a\left(-1+e^{T\theta}\right)(h_m+(c+k_m)\theta) - b\left(-1+e^{T\theta}\right)p(h_m+(c+k_m)\theta) - c\theta\rho\right)}{\theta(a(-1+e^{T\theta}) - b(-1+e^{T\theta})p - \rho)}\\ &- \frac{h_m\left(\left(-1+e^{T\theta}\right)(a-bp) + \rho\mathrm{Log}\left[1-\frac{(-1+e^{T\theta})(a-bp)}{\rho}\right]\right)}{\theta^2} - \frac{k_m\left(\left(-1+e^{T\theta}\right)(a-bp) + \rho\mathrm{Log}\left[1-\frac{(-1+e^{T\theta})(a-bp)}{\rho}\right]\right)}{\theta}\Bigg) = 0\end{aligned} \qquad (۲۹)$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial \pi_T}{\partial p} = a - 2bp - \frac{b\left(h_r\left(1-e^{T\theta}+T\theta\right) + \theta\left(c - ce^{T\theta} + k_r - e^{T\theta}k_r + k_rT\theta\right)\right)}{T\theta^2}\\ - \frac{b\left(-1+e^{T\theta}\right)\left(-a\left(-1+e^{T\theta}\right)(h_m+(c+k_m)\theta) + b\left(-1+e^{T\theta}\right)p(h_m+(c+k_m)\theta) + c\theta\rho\right)}{T\theta^2(a - ae^{T\theta} + b(-1+e^{T\theta})p + \rho)} = 0\end{aligned} \qquad (۳۰)$$

با توجه به غیرخطی بودن و پیچیدگی بالای مدل در حالت یکپارچگی زنجیره تامین، اثبات تقعر یا عدم تقعر تابع هدف به صورت تحلیلی امکانپذیر نبوده و بهینگی جوابهای مدل در مثالهای عددی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵. روش حل و مثال عددی

به منظور یافتن مقدار T^* و p^* در حالت عدم هماهنگی اعضا از روابط (۱۲)،(۱۳) و در حالت هماهنگی اعضای زنجیره از روابط (۲۹) و (۳۰) استفاده می‌گردد. در مدلهای مطرح شده در این پایان

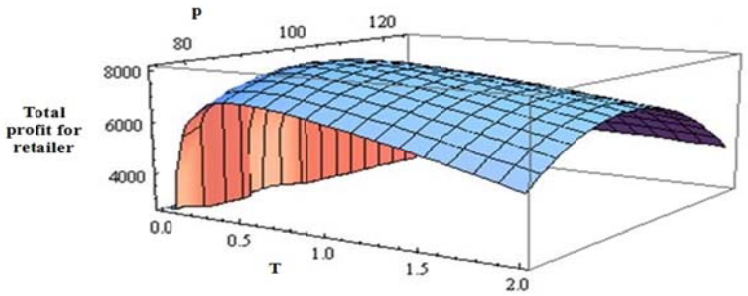
نامه، مثال عددی موجودی در مقاله چن و چنگ[۲۲] با اندکی تغییرات به کار رفته است. پارامترهای مدل به شرح زیر است:

$$D(p,t) = (a - bp) = (500 - 3.5p), \theta = 0.18, c = 40, h_r = 4.5, k_r = 1,$$
$$\rho = 600, X = 550, h_m = 2.25, k_m = 0.5, A = 300$$

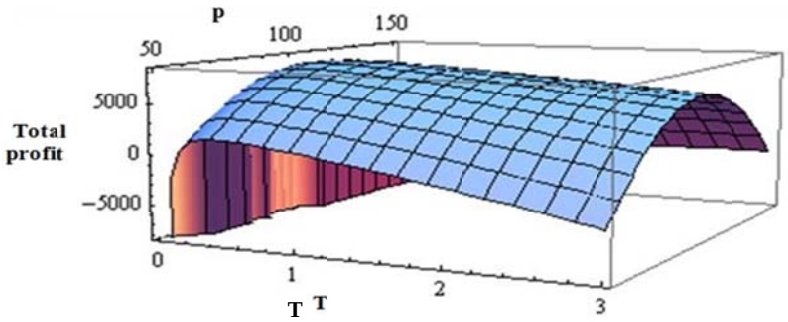
جدول ۱. جوابهای بهینه مثال عددی مدل اول

متغیر	عدم هماهنگی اعضا	هماهنگی اعضا	درصد تغییرات
T^*	0.5215	1.013	94.247%
p^*	93.027	73.32	-21.184%
q^*	95.356	270.56	183.737%
π_r^*	8115.37	6255.034	-22.924%
t_s^*	0.36	0.543	50.833%
π_m^*	6224.795	9987.947	60.454%
π_T^*	14340.166	16242.98	13.269%
$\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial p^{*2}}\left(\frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p^{*2}}\right)$	-7	-7.069	-
$\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial T^{*2}}\left(\frac{\partial^2 \pi_T}{\partial T^{*2}}\right)$	-4364.13	-1797.4	-
Det(H)	30058.8	12655.9	-

همانطور که از نمودار و نمودار مشخص است، تابع هدف خرده-فروش و تابع هدف کل به ازای متغیرهای طول دوره و قیمت مقعر بوده و در نتیجه جواب حاصل از مثالهای عددی ماکسیمم مطلق تابع سود در هر دو حالت می‌باشد. بررسی مثال عددی نشان می-دهد که با ایجاد هماهنگی بین اعضای زنجیره سود کل، ۱۳.۲۷٪ افزایش یافته است اما این در حالیست که سود خرده فروش نسبت به حالت عدم‌هماهنگی اعضا، ۲۲.۹۳٪ کاهش پیدا کرده است. در چنین شرایطی به نظر می‌رسد که خرده فروش از پذیرش خط مشی یکپارچگی زنجیره تامین خودداری نماید. به همین دلیل لازم است تا تولیدکننده با استفاده از تکنیکهای مختلف نظیر تخفیف مقداری[۳۲]، مدت اعتبار[۳۳] و... خریدار را ترغیب به سیاست هماهنگی اعضا نماید.



نمودار ۱. تابع سود خرده فروش به ازای متغیرهای T و P درحالت عدم هماهنگی اعضا



نمودار ۲. تابع سود کل سیستم به ازای متغیرهای T و P درحالت هماهنگی اعضا

۶. تحلیل حساسیت

در این بخش تحلیل حساسیت مدل ارائه شده برحسب برخی از پارامترهای کلیدی مدل ارائه شده است.

جدول ۲. تحلیل حساسیت مدل اول نسبت به پارامتر مقیاس در تابع تقاضا (a)

	Integrated					Non-Integrated				
درصد تغییرات	-50%	-25%	0%	25%	50%	-50%	-25%	0%	25%	50%
a	250	375	500	625	750	250	375	500	625	750
T^*	1.5	1.2	1.01	0.89	0.79	1.01	0.65	0.52	0.45	0.4
p^*	38.1	55.6	73.3	91.1	108.8	58.9	75.6	93	110.7	128.4
q^*	201.3	240.7	270.6	294.7	314.8	48.5	76.2	95.4	111.1	124.7
π_r^*	-1560.1	1190.5	6255	13598	23203.5	252	3025.3	8115.4	15475.7	25091.4
π_m^*	4934.3	7486.6	9987.9	12460.8	14914.7	1373.7	3824.1	6224.8	8622.1	11020.7
π_T^*	3374.1	8677.1	16243	26058.7	38118.2	1625.7	6849.5	14340.2	24097.7	36112

جدول ۳. تحلیل حساسیت مدل اول نسبت به پارامتر حساس به قیمت در تابع تقاضا (b)

	Integrated					Non-Integrated				
درصد تغییرات	-50%	-25%	0%	25%	50%	-50%	-25%	0%	25%	50%
b	1.75	2.625	3.5	4.375	5.25	1.75	2.625	3.5	4.375	5.25
T^*	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	0.47	0.5	0.52	0.55	0.59
p^*	144.7	97.1	73.3	59	49.5	164.3	116.8	93	78.8	69.4
q^*	272	271.3	270.6	269.9	269.1	105.1	100.4	95.4	90	84.2
π_r^*	23974.9	12138.6	6255	2752.7	441.1	25162.1	13661.1	8115.4	4953.9	2969
π_m^*	10119	10053.6	9987.9	9922	9855.8	7664.4	6946.9	6224.8	5496.5	4759.7
π_T^*	34093.9	22192.2	16243	12674.7	10296.9	32826.5	20608.1	14340.2	10450.4	7746.7

جدول ۴. تحلیل حساسیت مدل اول نسبت بهنرخ فسادپذیری(θ)

	Integrated					Non-Integrated				
درصد تغییرات	-50%	-25%	0%	25%	50%	-50%	-25%	0%	25%	50%
θ	0.09	0.135	0.18	0.225	0.27	0.09	0.135	0.18	0.225	0.27
T^*	1.07	1.04	1.01	0.99	0.96	0.63	0.57	0.52	0.48	0.45
p^*	73.3	73.3	73.3	73.3	73.4	92.8	92.9	93	93.1	93.3
q^*	273.8	272.2	270.6	268.8	267	114.4	103.6	95.4	88.8	83.5
π_r^*	6719.9	6484.3	6255	6032	5815.1	8313.7	8210.1	8115.4	8027.5	7945.2
π_m^*	9575.7	9785	9987.9	10184.6	10375.2	6311.5	6268.7	6224.8	6180.9	6137.4
π_T^*	16295.6	16269.3	16243	16216.7	16190.3	14625.2	14478.8	14340.2	14208.4	14082.7

جدول ۵. تحلیل حساسیت مدل اول نسبت به هزینه نگهداری خرده‌فروش

	Integrated					Non-Integrated				
درصد تغییرات	-50%	-25%	0%	25%	50%	-50%	-25%	0%	25%	50%
h_r	2.25	3.375	4.5	5.625	6.75	2.25	3.375	4.5	5.625	6.75
T^*	1.24	1.11	1.01	0.94	0.88	0.58	0.55	0.52	0.5	0.48
p^*	73.1	73.2	73.3	73.4	73.6	92.9	92.9	93	93.1	93.2
q^*	339.9	299.8	270.6	248.2	230.4	106.3	100.4	95.4	91	87.2
π_r^*	6260.2	6265.1	6255	6236.1	6211.9	8226.6	8169.5	8115.4	8063.8	8014.4
π_m^*	10310.7	10132.8	9987.9	9865.5	9758.9	6381.5	6300.2	6224.8	6154.3	6087.9
π_T^*	16570.9	16397.9	16243	16101.6	15970.8	14608.1	14469.7	14340.2	14218.1	14102.3

جدول ۶. تحلیل حساسیت مدل اول نسبت به هزینه فاسدشدن کالا برای خرده‌فروش

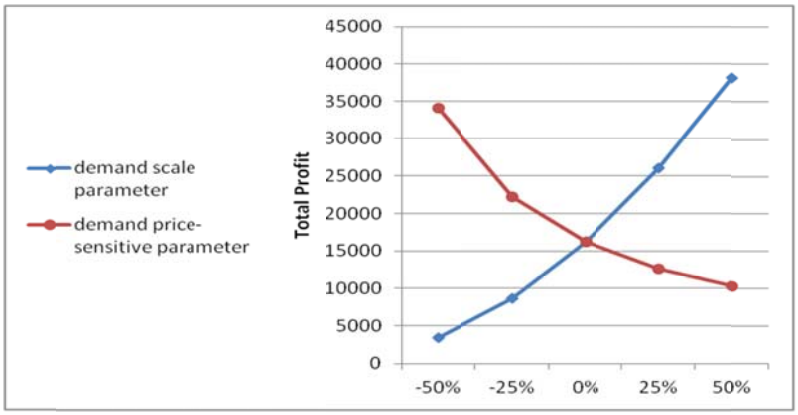
	Integrated					Non-Integrated				
درصد تغییرات	-100%	-50%	0%	50%	100%	-100%	-50%	0%	50%	100%
k_r	0	0.5	1	1.5	2	0	0.5	1	1.5	2
T^*	1.03	1.02	1.01	1.01	1	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52
p^*	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	93	93	93	93	93
q^*	274.7	272.6	270.6	268.6	266.6	96.1	95.7	95.4	95	94.6
π_r^*	6257.4	6256.2	6255	6253.8	6252.5	8123.9	8119.6	8115.4	8111.2	8107
π_m^*	10009.4	9998.6	9987.9	9977.4	9967.1	6236.5	6230.6	6224.8	6219	6213.2
π_T^*	16266.8	16254.8	16243	16231.2	16219.5	14360.4	14350.2	14340.2	14330.1	14320.2

جدول ۷.تحلیل حساسیت مدل اول نسبت به هزینه نگهداری تولیدکننده

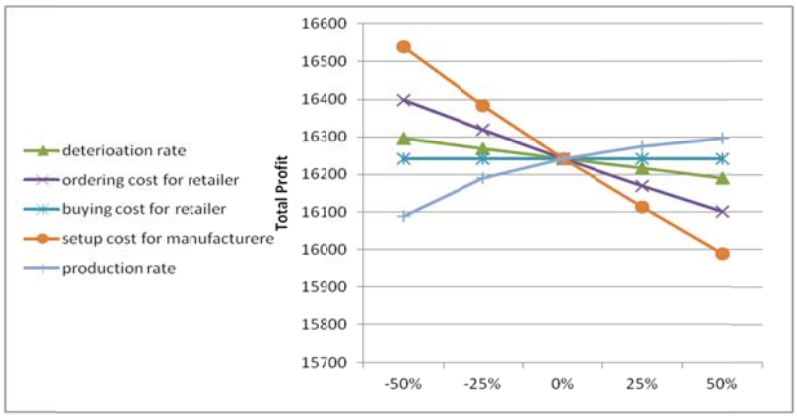
	Integrated					Non-Integrated				
درصد تغییرات	-50%	-25%	0%	25%	50%	-50%	-25%	0%	25%	50%
h_m	1.125	1.687	2.25	2.812	3.375	1.125	1.687	2.25	2.812	3.375
T^*	1.07	1.04	1.01	0.99	0.97	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
p^*	73.1	73.2	73.3	73.4	73.5	93	93	93	93	93
q^*	286.8	278.3	270.6	263.6	257.1	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
π_r^*	6151.9	6206	6255	6299.9	6341.1	8115.4	8115.4	8115.4	8115.4	8115.4
π_m^*	10165.2	10073.4	9987.9	9907.9	9832.4	6241.5	6233.1	6224.8	6216.5	6208.1
π_T^*	16317.1	16279.4	16243	16207.7	16173.5	14356.8	14348.5	14340.2	14331.8	14323.5

جدول ۸. تحلیل حساسیت مدل اول نسبت به هزینه فاسدشدن کالا برای تولیدکننده

	Integrated					Non-Integrated				
درصد تغییرات	-100%	-50%	0%	50%	100%	-100%	-50%	0%	50%	100%
k_m	0	0.25	0.5	0.75	1	0	0.25	0.5	0.75	1
T^*	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
p^*	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	93	93	93	93	93
q^*	271.7	271.1	270.6	270	269.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
π_r^*	6247.5	6251.3	6255	6258.8	6262.5	8115.4	8115.4	8115.4	8115.4	8115.4
π_m^*	10001.2	9994.6	9987.9	9981.4	9974.8	6226.1	6225.5	6224.8	6224.1	6223.5
π_T^*	16248.7	16245.9	16243	16240.1	16237.3	14341.5	14340.8	14340.2	14339.5	14338.8



نمودار ۳. تغییرات سود کل زنجیره در مدل اول نسبت به پارامترهای مقیاس و حساس به قیمت در تابع تقاضا[۳۴]



نمودار ۴. تغییرات سود کل زنجیره در مدل اول نسبت به برخی از پارامترهای مدل

۷. نتیجه گیری

در این مقاله یک مدل قیمت‌گذاری و کنترل موجودی همزمان برای کالاهای فسادپذیر در یک زنجیره تامین دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده فروش و با این فرض که تقاضا تابعی خطی از قیمت فروش است و تولیدکننده از سیاست انباشته به انباشته برای ارسال محموله به خریدار استفاده می‌نماید، ارائه شد. در مدل ارائه شده برخلاف سایر مقالات مشابه موجود در ادبیات، محاسبات به صورت دقیقصورت گرفته و از تقریب خطی و روشهای عددی برای یافتن جواب بهینه استفاده نشده است. بررسی مثال نشان می‌دهد که سود کل زنجیره در اثر هماهنگی اعضا در حدود ۱۳.۲۷٪ افزایش می‌یابد. این امر اهمیت هماهنگی در اتخاذ تصمیمات مربوط به مدیریت موجودی و قیمت گذاری کالا در یک زنجیره تامین را برای مدیران نشان می دهد. باید توجه داشت که در اثر هماهنگی زنجیره، برخلاف تولیدکننده، سود خریدار نسبت به حالت عدم یکپارچگی، کاهش می‌یابد و به همین دلیل لازم است تا فروشنده از طریق طرحهایی تشویقی نظیر اعتبار تجاری، تخفیف و... خریدار را تشویق به همکاری نماید.بررسی تحلیل حساسیت مدل نشان می‌دهد که با افزایش نرخ فسادپذیری سود کاهش می‌یابد،همچنین تغییر در پارامترهای تقاضا تاثیر چشمگیری بر سود کل مجموعه دارد.

با توجه به پیچیدگیهای محاسباتی در حل و اثبات بهینگی جوابهای مدل ارائه شده، فرضهای ساده سازی زیادی از جمله درنظر گرفتن تقاضا به صورت قطعی و تنها تابعی از دو پارامتر، عدم درنظر گرفتن کمبود،نرخ ثابت فسادپذیری و درنظر گرفتن تنها دو عضو در زنجیره تامین لحاظ شده است که با شرایط واقعی چندان تناسبی ندارد. لذا این تحقیق از جهات مختلفی قابل گسترش است، از جمله آنکه با توجه به شرایط پیچیده بازار و تقاضا، استفاده از توابع پیچیده‌تر و ترجیحا احتمالی، سازگاری بیشتری با شرایط واقعی دارد. همچنین درنظر گرفتن کمبود، سیاستهای مختلف تشویقی برای خریدار به منظور ترغیب در جهت همکاری نظیر اعتبار تجاری و تاخیر در پرداختها، تبلیغات و ترفیعات، وجود چندین خریدار و فروشنده در زنجیره‌های تامین چندسطحی و... در مدل، موضوعات مناسبی برای تحقیقات آتی به نظر می‌رسد.

پی‌نوشت

1. Wee
2. Lot for lot
3. Replenishment
4. Hessian matrix
5. Within
6. Fashion
7. Ghare & Schrader
8. Goyal & Giri
9. Li et al.
10. Enterprise
11. Elion & Mallaya
12. Abad
13. Cheng et al.
14. Teng et al.
15. Good Will
16. Dye et al.
17. Tsao & Shinn
18. Rau et al.
19. Wang et al.
20. Compensation Policy
21. Martin
22. Yang
23. High Tech
24. Agile
25. Lean
26. Ouyang, et al.
27. Chen & chang
28. Channel Rebate Mechanism
29. Instantaneous
30. Lead Time
31. Definite Positive
32. Quantity Discount
33. Credit Period

۳۴. نمودارهای رسم شده در این بخش تنها مربوط به حالت یکپارچگی زنجیره تامین می‌باشد و به دلیل تشابه رفتار مدل در حالت عدم یکپارچگی، از رسم نمودارها در این حات خودداری شده است.

مراجع

1. Yang PC. Pricing strategy for deteriorating items using quantity discount when demand is price sensitive, European Journal of Operational Research, (2004), Vol.157, No. (2):pp. 389–97.

2. Li R. A Review on Deteriorating Inventory Study, JSSM,(2010), Vol. 03, No. (01), pp. 117–29.

3. Abad PL. Optimal pricing and lot-sizing under conditions of perishability, finite production and partial backordering and lost sale, European Journal of Operational Research,(2003), Vol. 144, No. (3):pp. 677–85.

4. Whitin TM. Theory of Inventory Management. Greenwood Pub Group, (1957).

5. Ghare PN, Schrader GF. A model for exponentially decaying inventories. Journal of Industrial Engineering,(1963), Vol. 15, pp. 238–243.

6. Goyal SK, Giri BC. Recent trends in modeling of deteriorating inventory. European Journal of Operational Research, (2001), Vol. 134, No. (1), pp. 1–16.

7. Eilon HM, Mallaya RV. Issuing and pricing policy of semi-perishables,Proceedings of 4th International conference on operaional research, Wiley - Interscience,New York,(1966).

8. Wee HM. Deteriorating inventory model with quantity discount, pricing and partial backordering. International Journal of Production Economics, (1999), Vol. 59, Nos. (1-3), pp. 511–518.

9. Chang HJ, Teng JT, Ouyang LY, Dye CY. Retailer’s optimal pricing and lot-sizing policies for deteriorating items with partial backlogging. European Journal of Operational Research, (2006), Vol. 168, No. (1), pp. 51–64.

10. Teng JT, Ouyang LY, Chen LH. A comparison between two pricing and lot-sizing models with partial backlogging and deteriorated items. International Journal of Production Economics, (2007), Vol. 105, No. (1):pp. 190-203.

11. Dye CY, Hsieh TP, Ouyang LY. Determining optimal selling price and lot size with a varying rate of deterioration and exponential partial backlogging, European Journal of Operational Research. (2007), Vol. 181, No. (2), pp. 668-78.

12. Tsao YC, Sheen GJ. Dynamic pricing, promotion and replenishment policies for a deteriorating item under permissible delay in payments. Computers & Operations Research, (2008), Vol. 35, No. (11), pp.3562–3580.

۱۳. نخعی ع، میهمی ر. قیمت‌گذاری و کنترل موجودی به صورت توام برای کالاهای فاسدشدنی با درنظر گرفتن هزینه کمبود به صورت پس افت پاره ای، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید،(۱۳۸۹)، ۲۱(۴)، صص. ۱۶۸–۷۷ .

14. Maihami R, Nakhai Kamalabadi I. Joint pricing and inventory control for non-instantaneous deteriorating items with partial backlogging and time and price dependent demand. International Journal of Production Economics, (2012), Vol. 136, No. (1), pp. 116–22.

15. Maihami R, Abadi INK. Joint control of inventory and its pricing for non-instantaneously deteriorating items under permissible delay in payments and partial backlogging. Mathematical and Computer Modelling, (2012), Vol. 55, Nos. (5–6), pp. 1722–1733.

16. Yang PC, Wee HM. A single-vendor and multiple-buyers productionâ€“inventory policy for a deteriorating item. European Journal of Operational Research, (2002), Vol. 143, No. (3), pp.570–581.

17. Rau H, Wu MY, Wee HM. Integrated inventory model for deteriorating items under a multi-echelon supply chain environment. International Journal of Production Economics,(2003), Vol. 86, No. (2), pp. 155–168.

18. Wang KJ, Lin YS, Yu JCP. Optimizing inventory policy for products with time-sensitive deteriorating rates in a multi-echelon supply chain, International Journal of Production Economics,(2011), Vol. 130, No. (1), pp. 66–76.

۱۹. عطائی ز، ماکوئی ا. برنامه ریزی چندهدفه تامین توام برای کالاهای فسادپذیر با چند خریدار،نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید،(۱۳۸۸) ۲۰(۳)، صص. ۲۵-۳۸.

20. Martin G. Negotiated price discounting of perishable inventories, Operations Research Letters, (1991), Vol. 10, No. (9):pp. 513–518.

21. Wee HM, Yang PC. A mutual beneficial pricing strategy of an integrated vendor-buyers inventory system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2006) , Vol. 34, Nos. (1-2), pp. 179-187.

22. Ouyang LY, Ho CH, Su CH. An optimization approach for joint pricing and ordering problem in an integrated inventory system with order-size dependent trade credit. Computers & Industrial Engineering,(2009), Vol. 57, No. (3), pp. 920–930.

23. Chen TH, Chang HM. Optimal ordering and pricing policies for deteriorating items in one-vendor multi-retailer supply chain. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2009), Vol. 49, pp. 341-355.