Industrial Management Journal
Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

An Inventory Control Model for Deteriorating Items with Inventory and Inspection Costs Considering Errors in Inspection

Mohsen Bagheri
*Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Industrial Engineering and Management, Sadjad University of Technology, Mashhad, Iran. E-mail: m_bagheri@sadjad.ac.ir

Amir Moradi
M.Sc., Department of Industrial Engineering, Sadjad University of Technology, Mashhad, Iran. E-mail: aa.moradi6273@yahoo.com

Abstract

Objective: In this paper, we introduce a new model in the interesting domain of deteriorating item inventory control models. In our model, we consider inspection and inspection errors in which literature models are noticeably rare.

Methods: We conduct a vast literature study resulting in a proper understanding of literature shortcomings, and develop a new model via operational research model building methods. To solve and analyze the model we implement analytical continuous methods. The MATLAB (R2016b) software tools are used for sensitivity analysis and further study.

Results: The assumptions of inspection and inspection errors in deteriorating item inventory control models lead to a more realistic model. Also, numerical results show the importance and effect of such assumptions.

Conclusion: We provide a number of profit increasing managerial insights based on values of order quantity, inspection time, replenishment period, etc., via the solution and sensitivity analysis of the new model.

Keywords: Deteriorating item inventory control, Inspection, Error in inspection, Rejected items.

Citation: Bagheri, Mohsen, & Moradi, Amir (2020). An Inventory Control Model for Deteriorating Items with Inventory and Inspection Costs Considering Errors in Inspection. *Industrial Management Journal*, 12(1), 236-248. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2020, Vol. 12, No.1, pp. 236-248
DOI: 10.22059/imj.2020.273828.1007547
Received: December 08, 2019; Accepted: May 07, 2020
© Faculty of Management, University of Tehran

مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

کنترل موجودی کالاهای فسادپذیر با در نظر گرفتن هزینه‌های موجودی و بازرسی و وجود خطا در بازرسی کالا

محسن باقری

* نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی سجاد، مشهد، ایران. رایانامه: m_bagheri@sadjad.ac.ir

امیر مرادی

کارشناس ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی سجاد، مشهد، ایران. رایانامه: aa.moradi6273@yahoo.com

چکیده

هدف: کنترل موجودی اقلام فسادپذیر، از مسائل شناخته‌شده و جذاب در حوزه مسائل مدیریت موجودی است. با توجه به کمبودهای موجود در ادبیات موضوع، هدف این مقاله، ارائه و تحلیل یک مدل ریاضی است که علاوه بر لحاظ کردن هزینه‌های معمول مدل‌های موجودی، به مدل‌سازی بازرسی و خطا در بازرسی کالاهای فسادپذیر بپردازد.

روش: در این مقاله پس از بررسی جامع ادبیات موضوع و شناخت مدل‌ها از طریق روش‌های کتابخانه‌ای، با توجه به کمبودهای شناسایی شده، با استفاده از روش‌های مدل‌سازی پیوسته در پژوهش در عملیات، مدلی ریاضی ارائه داده و آن را حل کردیم. بر اساس پژوهش‌های انجام شده، برای حل مدل از روش‌های تحلیلی استفاده شده و حساسیت پارامترهای مدل با استفاده از ابزارهای نرم‌افزار متلب (R۲۰۱۶b) تحلیل شده است.

یافته‌ها: مدل ارائه شده به‌لحاظ نزدیکی به مسائل دنیای واقعی دارای اهمیت کاربردی است. نتایج عددی حاصل از حل و تحلیل مدل، بیانگر اهمیت لحاظ کردن فاکتورهای مرتبط با بازرسی کالاها و خطا در فرایند بازرسی است.

نتیجه‌گیری: در بسیاری از مدل‌های کنترل موجودی اقلام فسادپذیر، خطا در فرایند بازرسی یا حتی انجام بازرسی و ارجاع کالا لحاظ نشده است. در این مقاله، ضمن لحاظ کردن این موارد در مدل‌سازی، مدلی منطبق‌تر با دنیای واقعی را حل و تحلیل کرده‌ایم. با فرضیه‌های جدید مطرح شده، به‌منظور افزایش سود، بر مبنای مقدار سفارش، زمان سفارش، زمان بازرسی و... توصیه‌های مدیریتی ارائه داده‌ایم.

کلیدواژه‌ها: کنترل موجودی کالاهای فسادپذیر، بازرسی، خطا در بازرسی، کالاهای مرجوعی.

استناد: باقری، محسن؛ مرادی، امیر (۱۳۹۹). کنترل موجودی کالاهای فسادپذیر با در نظر گرفتن هزینه‌های موجودی و بازرسی و وجود خطا در بازرسی کالا. *مدیریت صنعتی*، ۱۲(۲)، ۲۳۶– ۲۴۸.

مدیریت صنعتی، ۱۳۹۹، دوره ۱۲، شماره ۲، صص. ۲۳۶– ۲۴۸

DOI: 10.22059/imj.2020.273828.1007547

دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸

© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

هزینه‌های موجودی یکی از هزینه‌هایی است که هر یک از اعضای زنجیره تأمین برای تـأمین نیازهـای اعضـای پـایینی خود متحمل می‌شوند و از مهم‌ترین هزینه‌های زنجیره‌های تأمین است. در میان زنجیره‌های تأمین، زنجیره تـأمینی کـه محصول طی گذر زمان فاسد می‌شود، از حساسیت و توجه بیشتری برخوردار اسـت، زیـرا در ایـن زنجیـره‌هـا عـلاوه بـر هزینه‌های رایج موجودی هزینه فساد نیز وجود دارد که به خرید بیش از تقاضا برای خریدار و به‌تبع تحمیل هزینه اضـافه به هر یک از اعضای زنجیره منجر می‌شود.

مدیریت و کنترل موجودی‌های فسادپذیر در بسیاری از واحدها و بنگاه‌های صنعتی از اهمیت بسیاری برخوردار بوده و از موجودی‌ها با طول عمر نامحدود، سخت‌تر و پیچیده‌تر است. در عصر حاضر مشتریان، به‌ویژه در رابطه با محصولات فسادپذیر که دوره عمر محدودی دارند، به‌دنبال تنوع بیشتر هستند.

این موضوع، از رده خارج شدن هرچه بیشتر موجودی‌ها و پیش‌بینی تابع عمر محصول را دشوار کرده و گاهی نیز با توجه به نوع محصول، موجودی‌های فاسدشده را از انبار خارج می‌کند. پیچیدگی مدل‌های کنتـرل موجـودی محصـولات فسادپذیر ناشی از دو دلیل عمده پیش‌بینی عمر محصول و مدل‌سازی هزینه‌های سیستم موجودی است.

در این پژوهش نیز به‌دلیل نیاز مبرم سیستم‌های موجودی به مدلی برای نزدیک‌تر شدن به دنیای واقعی، بـه‌دنبـال ارائه مدلی هستیم تا بتوانیم سود را با در نظر گرفتن مسائلی مثل برگشت خوردن بعضی از اقلام که به هر دلیلی با نقص مواجه شده‌اند، بیشینه کنیم که این موضوع در مقالات مرتبط بررسی نشده است.

بدین منظور، برای بازرسی در مدل، پارامتری را در نظر گرفتیم تا بتوانیم تشخیص بدهیم که چـه کـالایی معیـوب است تا از خط تولید خارج شود. نکته حائز اهمیت، خطای انسانی در بازرسی است که با در نظر گرفتن یک ضـریب خطـا وارد مدل می‌شود و در نتیجه نهایی که بیشینه کردن سود است، تأثیر بسزایی خواهد داشت.

در ادامه مقاله در بخش ۲ ادبیات موضوع را بررسی می‌کنیم، در بخش ۳ مدلی پیشنهادی ارائـه داده و در بخـش ۴ به حل مدل و تحلیل عددی خواهیم پرداخت. در نهایـت، در بخـش ۵ نتیجـه‌گیـری شـده و بـرای پـژوهش‌هـای آتـی پیشنهادهایی ارائه خواهیم داد.

پیشینه پژوهش

بر اساس مقاله بروکمولن و دانسلار[1] (۲۰۰۹)، کل فروش خرده‌فروشان مواد غذایی در یک سـال بـیش از هـزار میلیـون دلار بوده که بیش از یک سوم این مقدار فروش، مربوط به کالاهای فسادپذیر بوده است. بـه گفتـه لیسـتاد، فرگوسـن و الکسوپولس[2] (۲۰۰۶) نیزحدود ۲۰۰ میلیون دلار از فروش کل صنعت مواد غذایی ایـالات متحـده آمریکـا را محصـولات فسادپذیر تشکیل داده‌اند که حدود ۱۵ درصد (۳۰ میلیون دلار) آن در اثر فرایند فساد و زوال محصولات از بـین مـی‌رود. بنابراین، توجه به زنجیره‌های تأمین شامل کالاهای فسادپذیر و هماهنگ‌سازی آن، می‌تواند به بقا و حضـور در بازارهـای رقابتی برای اعضای آن کمک شایانی کند.

1. Broekmeulen & Donselaar
2. Lystad, Ferguson & Alexopoulos

در بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با موجودی‌های فسادپذیر، نرخ فساد از الگوهای خاصی پیروی می‌کند. بنـابراین، در این پژوهش‌ها مقدار موجودی در دست از طریق معادله دیفرانسیلی زیر به دست می‌آید:

$$dI(t)/dt + \theta(t)I(t) = P(t) - D(t)$$ رابطه ۱)

که در رابطه بالا I(t)، D(t) و θ(t) به‌ترتیب بیانگر سطح موجودی، نرخ تقاضا و نرخ فسـاد در لحظـه t هسـتند. در این مدل‌ها، هزینه نگهداری واحد کالا در واحد زمان (نرخ هزینه نگهداری)، ثابت در نظر گرفته شده است. به بیان دیگر، هزینه نگهداری در مقایسه با پارامترهایی مانند زمان نگهداری و مقدار موجودی در دست به‌صورت خطی تغییر مـی‌کنـد. مقالات تسای[1] (۲۰۱۱) و طالعی زاده[2] (۲۰۱۴) از جمله کارهایی هستند که در این دسته قرار می‌گیرند.

وجود فساد به‌طور مستقیم تابع موجودی دردست و به‌دنبال آن هزینه نگهداری موجودی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این دسته، شکل تابع موجودی دردست، مانند مدل‌هایی است که فساد موجودی در آنها لحاظ نشده اسـت و از طریـق معادله دیفرانسیل زیر حاصل می‌شود:

$$dI(t)/dt = P(t) - D(t)$$ رابطه ۲)

در این مدل‌ها، به‌جای در نظر گرفتن تابع نرخ فساد موجودی، هزینه نگهداری را به‌صورت یک تابع غیرخطی مثبت افزایشی وابسته به پارامترهای زمان نگهداری یا مقدار موجودی دردست در نظر می‌گیرند. از جمله پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های ویس[3] (۱۹۸۲)، آلفارس[4] (۲۰۰۷) و فرگوسن، جایرمن و سوزا[5] (۲۰۰۷) اشاره کرد.

این روش مدل‌سازی، بسیار پیچیده‌تر از دو روش قبلی اسـت. در ایـن روش، تـابع نـرخ فسـاد و هزینـه نگهـداری غیرخطی به‌صورت هم‌زمان در مدل‌سازی موجودی کالای فاسدشدنی در نظر گرفته می‌شـوند. از جملـه کارهـای انجـام گرفته در این زمینه می‌توان به مقاله گیری و چادوری[6] (۱۹۹۸) اشاره کرد که ضمن در نظر گرفتن یک نرخ فساد ثابـت، هزینه نگهداری موجودی را به‌صورت غیرخطی، در دو حالت وابسته به سطح موجودی و وابسته به زمان، روی مدل گـاه[7] (۱۹۹۴) پیاده کرده‌اند.

در ادبیات موجود، شکل‌های مختلفی برای تابع فساد در نظر گرفته شده است. می‌توانیم توابع فسـاد را در دو گـروه اصلی؛ تابع فساد گسسته و تابع فساد پیوسته طبقه‌بندی کنیم. هر یک از این توابع را در زیر معرفی می‌کنیم.

توابع فساد گسسته برای مدل‌سازی سیستم موجودی کالای فسادپذیر غیرآنی مانند میوه، سبزیجات، ماهی، گوشت و مواردی از این قبیل مناسب هستند. وو، اویانگ و یانگ[8] (۲۰۰۶)، کالای فسادپذیر غیرآنی را کالایی معرفی کرده‌اند که طی زمانی که زمان تازه ماندن محصول نامیده می‌شود، هیچ فسادی رخ نداده است و پس از گذشـت ایـن زمـان، فسـاد محصول شروع می‌شود. آنها نرخ فساد ثابت را برای دوره فساد محصول در نظر گرفتند. میهمی و کمال آبـادی[9] (۲۰۱۲) نیز در مقاله خود از این نوع تابع فساد استفاده کرده‌اند.

1. Tsai
2. Taleizadeh
3. Weiss
4. Alfares
5. Ferguson, Jayaraman & Souza
6. Girl & Chaudhuri
7. Goh
8. Wu, Ouyang & Yang
9. Maihami & Kamalabadi

با توجه به مقاله وانگ، لین و یو[1] (۲۰۱۱) توابع فساد پیوسته را می‌توان طی زمان به پنج دسته کلی تقسیم کرد. آنها در مقاله خود نرخ فساد را به‌صورت زیر در نظر گرفتند.

رابطه ۳) $\theta(t) = \alpha + \beta\omega t\hat{}(\omega - 1)$

$\alpha.\beta.\omega \geq 0$

در این رابطه، پارامتر α به‌عنوان بخش ثابت تابع فساد، مستقل از زمان است. β و ω نیز ضرایب و توان زمان فساد را نشان می‌دهند. در حقیقت، تمام پنج تابع فساد پیوسته که در زیر معرفی خواهند شد، با توجه به مقادیر مختلف پارامترها، حالت خاصی از این تابع است.

۱. تابع ثابت: زمانی که ω=۱ باشد، این نوع تابع به دست می‌آید. بسیاری از پژوهش‌های صورت‌گرفته در زمینه کالاهای فسادپذیر نرخ فساد محصول را ثابت و مستقل از زمان در نظر گرفتند. این مدل، برای محصولاتی مانند روغن، الکل، بنزین و بعضی از داروها مناسب است. نخستین مقاله‌ای که نرخ فساد را به‌صورت ثابت در نظر گرفته، مقاله گیر و اسچرادر[2] (۱۹۶۳) است. پس از آن، اکثر مقالات مرتبط با کالاهای فسادپذیر، نرخ فساد را به‌صورت ثابت در نظر گرفتند.

۲. تابع لگاریتمی: زمانی که ۱<ω<۲ باشد، این تابع تشکیل می‌شود. این نوع فساد برای مدل‌سازی محصولاتی که در فاز اولیه با نرخ چشمگیری فاسد شده و پس از آن به‌سرعت به حالت پایدار می‌رسند، مناسب است. برای مثال، نرخ فساد بسیاری از تراشه‌های مجتمع قبل از بسته‌بندی به‌صورت افزایشی است و پس از آن به حالت پایدار می‌رسد.

۳. تابع خطی: زمانی که ω = ۲ باشد، این نوع تابع به دست می‌آید. این نوع نرخ فساد برای مدل‌سازی محصولاتی مانند مواد رادیواکتیو مناسب است. در مقاله لین و لین[3] (۲۰۰۶)، فساد به‌صورت خطی در نظر گرفته شده است.

٤. تابع نمایی: زمانی که ω > ۲ باشد، این نوع تابع به دست می‌آید. این نوع تابع فساد برای محصولاتی مناسب است که در ابتدا نرخ فساد آنها به‌آرامی افزایش یافته و سپس با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد. این نوع فساد، برای محصولات لبنی بسیار مناسب است.

۵. تابع ویبول: زمانی که پارامتر α = ۰ باشد، این تابع شکل می‌گیرد که در بسیاری از مقالات نیز برای مدل‌سازی کالاهای فسادپذیر از این تابع استفاده شده است. از این جمله می‌توان به مقاله سانی و چوکوو[4] (۲۰۱۳) اشاره کرد.

تای، زی و چینگ[5] (۲۰۱۶)، در زمینه سیاست بازرسی برای سیستم موجودی کالاهای فسادپذیر مقاله‌ای ارائه دادند که به‌طور مفصل در ادبیات موضوع بررسی شده است. مدل موجود در این مقاله، به‌دلیل در نظر نگرفتن احتمال وجود کالاهای مرجوعی و وقوع خطا در بازررسی‌های انجام‌شده توسعه داده شده است و امید است که باری از دوش متخصصان امر موجودی و کنترل آن بردارد.

1. Wang, Lin & Yu
2. Ghare & Schrader
3. Lin & Lin
4. Sanni & Chukwu
5. Tai, Xie & Ching

نویسندگان مقالات بررسی‌شده حالات مختلف فساد که ثابت یا متغیر با یک توزیع خاص باشد را در نظر گرفته‌اند. مدل ما حالتی از فساد را که ثابت است، بیان می‌کند. مقاله‌های موجود به‌دنبال بیشینه کردن سود یا کمینه کردن هزینه‌های سیستم موجودی هستند و با پژوهش‌هایی که هر یک انجام دادند، به حالت‌هایی از نرخ تقاضا، نرخ فساد، افق برنامه‌ریزی و مجاز بودن یا مجاز نبودن کمبود و همچنین اینکه آیا در مدل خود بازرسی را بررسی کرده‌اند یا خیر، رسیدگی کرده‌اند.

در ادبیات موضوع بررسی‌شده به مسئله بازرسی اشاره‌ای نشده است که ضعف شدید پژوهشی به شمار می‌آید، زیرا در دنیای واقعی بازرسی، به‌خصوص برای محصولاتی که فاسد می‌شوند، بسیار بااهمیت است و باعث افزایش سود توأم با افزایش رضایت مشتری خواهد شد، زیرا مشتری کالای معیوب را برگشت خواهد زد و این موضوع برای اعتبار شرکت تهدیدی بزرگ به شمار می‌آید که مقالات بررسی‌شده به آنها نپرداختند.

همچنین کالای مرجوعی نیز در هیچ‌یک از مقالات وارد مدل نشده است. در دنیای واقعی نیز این مسئله بسیار مهم است، زیرا اگر کالایی ناسالم به دست مشتری برسد، مشتری می‌تواند آن را مرجوع کند و کالای مرجوعی که پیش‌تر به‌عنوان یک درآمد تلقی می‌شده، حال باید به‌عنوان یک هزینه از مدل کاسته شود که این کار را نیز در مدل خود وارد کردیم که آن را به واقعیت نزدیک‌تر کرده است.

ارائه مدل

در پژوهش‌های انجام‌شده مدل اغلب مقاله‌ها با کمبودهایی مواجه بودند که این کمبودها هنگام استفاده از مدل موجودی در دنیای واقعی بیشتر مشخص بودند. در مدل‌های کالاهای فسادپذیر، انجام بازرسی کمتر به چشم می‌خورد. به همین دلیل در بعضی مقالات به‌عنوان پیشنهادهای آتی انجام بازرسی توأم با خطا در بازرسی که کمتر در مقاله‌ای به چشم می‌خورد، بیان شده است.

کالاهایی که مشتری، به‌دلیل معیوب بودن آنها را بازگردانده است و موضوعی حقیقی در دنیای واقعی است و نمی‌شود از آن چشم‌پوشی کرد، تقریباً در هیچ‌یک از مدل‌های موجود مشاهده نشد، بنابراین کالای برگشتی نیز در مدل جدید ما بیان شده است.

مقدار کالای برگشتی را می‌توان با داشتن نرخ فساد پیش‌بینی کرد، اما وارد کردن آن در مدل قبل و بعد از انجام بازرسی هنری است که در مدل مقاله پیاده‌سازی شده است. پس از انجام بازرسی و پیش‌بینی مقدار کالای برگشتی خطا در بازرسی نیز وارد مقاله می‌شود و تأثیر آن را می‌توان جایی مشاهده کرد که باعث افزایش یا کاهش مقدار برگشتی‌ها می‌شود.

در حالتی که بازرسی برای مدل در نظر گرفته نشده، سود به‌دست‌آمده برابر با ۲۲/۶۱۹/۷۳ است که این سود را با مدل جدیدمان بهبود بخشیدیم.

فرمول‌بندی ریاضی

در این بخش، فرمول‌بندی بهینه‌سازی مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی چندمتغیره را بدون محدودیتی برای حل این مسئله

ارائه می‌کنیم. برای حل این مسائل با استفاده از نرم‌افزار متلب[1] با روش‌های تحلیلی کلاسیک به‌دنبال بهینه کردن مدل موجودی هستیم.

در مدل ارائه‌شده زمان بازرسی، هزینه ثابت بازرسی، هزینه متغیر بازرسی به‌ازای هر واحد، نرخ اقلامی که قبل از بازرسی بازگردانده می‌شود، نرخ اقلامی که بعد از بازرسی بازگردانده می‌شود و نرخ خطا، پارامترهایی هستند که پژوهشگر به‌عنوان نوآوری به مدل اضافه کرده که نتایج آن در ادامه بیان شده است.

فرضیه‌های مسئله

۱. نرخ فساد در کل سیستم موجودی قطعی و ثابت در نظر گرفته شده که با θ نشان داده شده است.
۲. نرخ تقاضا به‌صورت قطعی و ثابت در نظر گرفته شده است.
۳. اقلام فسادپذیر به‌همراه اقلام سالم به مشتری فروخته می‌شوند.
۴. اگر یک مشتری محصولی معیوب دریافت کند، پول او به‌صورت کامل برگردانده می‌شود.
۵. بازرسی فقط برای یک بار تا زمان بازپرسازی انجام می‌شود.
۶. کمبود مجاز نیست.

در مواردی که تابع هدف ار نوع خطی نیست، کار کمی سخت‌تر می‌شود، به‌خصوص اگر مثل مدل ما از متغیرها و پارامترهای متعدد و پیچیدگی‌های زیادی برخوردار باشد.

در مواردی که تابع هدف غیرخطی چندمتغیره و بدون محدودیت باشد، روش‌های عددی مثل روش گرادیان (سریع‌ترین نزول یا سریع‌ترین صعود) و روش نیوتون رافسون کاربرد دارد. برای حل این مسائل با استفاده از نرم‌افزار متلب با روش‌های تحلیلی کلاسیک به‌دنبال بهینه کردن مدل موجودی هستیم. از این رو، بایستی ابتدا برای بررسی مقعر بودن تابع هدف موجود (تابع هدف از نوع ماکزیمم است، بنابراین تابع باید مقعر باشد) ماتریس هسین را تشکیل دهیم و سپس دترمینان این ماتریس را محاسبه کنیم که این دترمینان باید یک در میان علامت کوچک‌تر مساوی و بزرگ‌تر مساوی صفر داشته باشد.

معرفی پارامترها و متغیرهای مدل

پارامترها، نماد و تعریف متغیرهای مدل در زیر آمده است.

Q	مقدار سفارش
I(t)	سطح موجودی کالایی که فاسد نشده
J(t)	سطح موجودی کالایی که فاسد شده
P	قیمت فروش برای هر محصول
λ	نرخ تقاضا
θ	نرخ فساد

1. Matlab

T طول دوره بازپرسازی

K هزینه ثابت سفارش‌دهی

C هزینه متغیر سفارش‌دهی به ازای هر واحد

H هزینه نگهداری به‌ازای هر واحد

S زمان بازرسی

D هزینه ثابت بازرسی

d هزینه متغیر بازرسی به‌ازای هر واحد

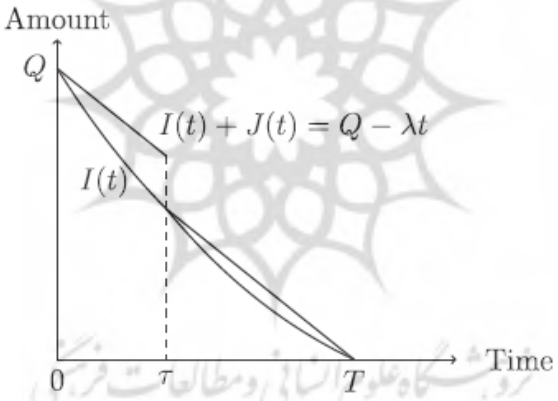
ωE_1 نرخ اقلامی که قبل از بازرسی بازگردانده شوند.

ωE_2 نرخ اقلامی که بعد از بازرسی بازگردانده شوند.

α نرخ خطا در بازرسی

مدل

سطح موجودی برحسب زمان همراه با نمایش پارامترها و نمادهای مهم (طی یک دوره) در شکل ۱ رسم شده‌است.



شکل ۱. مقدار سفارش نسبت به زمان با هزینه بازرسی

تابع سود نسبت به مقدار سفارش به‌صورت رابطه ۴ است.

$$V(Q) = \left[\frac{P\lambda^2}{\Theta Q}\left(1 - e^{\frac{-\Theta Q}{\lambda}}\right)\right] - \left(\frac{K\lambda}{Q} + c\lambda + h\frac{Q}{2} + P\omega E_1\right) \quad \text{رابطه ۴)}$$

در این معادله، مقدار سود محاسبه شده بنا به فرمولاسیون ساده سود برابر است با درآمد منهای هزینه که همین اتفاق نیز رخ داده است؛ یعنی عبارت سمت چپ بعد از علامت مساوی مقدار فروش یا همان درآمد است و سمت راست بعد از علامت مساوی هم مجموعه هزینه‌ها است که از درآمد به‌دست‌آمده کسر شده است.

در قسمت نخست این بخش که تا زمان بازرسی است، سود به‌دست‌آمده را محاسبه کرده و با سود در بازه S تا T جمع می‌کنیم. در این بخش، عبارت $(Q - \lambda S) \times \hat{e}(-\theta T)$ نشان‌دهنده سطح موجودی کالای سالم است. اما چیزی

که اهمیت دارد محاسبه مقدار سود در بازه‌ی S تا T است. در این حالت تقاضا کمتر از مقدار موجودی است. $\lambda(T-S) < q$

رابطه ۵)
$$v(q,T-S) = p\left[\frac{\lambda}{\Theta}\left(1-e^{-\Theta(T-S)}\right)\right] - \left[\frac{h\left(2q-\lambda(T-S)\right)(T-S)}{2}\right] - \left[c\left(q-\lambda(T-S)\right)e^{-\Theta(T-S)}\right] - (\omega E_2 - \alpha)P$$

در این حالت فقط هزینه انبارداری، هزینه سفارش‌دهی و هزینه مرجوع شدن کالا را داریم.

با جای‌گذاری رابطه‌های $\Theta(T-S)$ به‌جای ωE_2 و $S\,\Theta$ به‌جای ωE_1 و همچنین $q = (Q-\lambda S)e^{-\Theta S}$ در نهایت تابع هدفی معادل بخش بعدی داریم.

تابع هدف $q = (Q-\lambda S)e^{-\Theta S}$

تابع هدف در قالب رابطه ۶ به نمایش گذاشته شده است.

رابطه ۶)
$$V(Q,T,S) = \frac{1}{T}\left\{-K - cQ + P\left[\frac{\lambda}{\Theta}\left(1-e^{-\Theta S}\right)\right] - \left[\frac{h(2Q-\lambda S)S}{2} + D + d(Q-\lambda S)\right] - P\Theta S + p\left[\frac{\lambda}{\Theta}\left(1-e^{-\Theta(T-S)}\right)\right] - \left[\frac{h\left(2\left(Q-\lambda(T-S)\right)e^{-\Theta S} - \lambda(T-S)\right)(T-S)}{2}\right] - \left[c\left(\left((Q-\lambda(T-S))e^{-\Theta(T-S)}\right) - \lambda(T-S)\right)e^{-\Theta(T-S)}\right] - (\Theta(T-S)-\alpha)P\right\}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

حل مدل و نتایج عددی

در مواردی که تابع هدف ار نوع خطی نیست، کار کمی سخت‌تر می‌شود، به‌خصوص اگر مثل مدل مقاله از متغیرها و پارامترهای متعدد با پیچیدگی‌های زیادی برخوردار باشد.

در مواردی که تابع هدف غیرخطی چندمتغیره و بدون محدودیت باشد، روش‌های عددی مثل روش گرادیان (سریع‌ترین نزول یا سریع‌ترین صعود) و روش نیوتون رافسون کاربرد دارد. برای حل این مسائل با استفاده از نرم‌افزار متلب[1] با روش‌های تحلیلی کلاسیک به‌دنبال بهینه کردن مدل موجودی هستیم. از این رو، بایستی ابتدا برای بررسی مقعر بودن تابع هدف موجود (تابع هدف از نوع ماکزیمم است، بنابراین تابع باید مقعر باشد) ماتریس هسین را تشکیل دهیم و سپس دترمینان این ماتریس را محاسبه می‌کنیم که این دترمینان باید یک در میان علامت کوچک‌تر مساوی و بزرگ‌تر مساوی صفر داشته باشد. مقادیر پارامترهای مدل، در جدول ۱ آمده است.

1. Matlab

جدول ۱. مقادیر پارامترها

پارامترها	λ	Θ	K	C	H
مقدار	۱۰۰۰	۰/۰۲	۱۰۰	۲۵	۰/۱
پارامترها	**Q**	**D**	**d**	**P**	**A**
مقدار	۶۰۰۰	۲۰۰	۰/۲۵	۲۰۰	۰/۰۲

حال، با جای‌گذاری مقادیر پارامترهای جدول بالا در فرمول به‌دست‌آمده مقادیر ماتریس سود، زمان بازپرسازی و زمان بازرسی به‌وسیله ماتریس متغیرها نمایش داده شده است (به‌دلیل بزرگ بودن ماتریس‌های به‌دست‌آمده فقط برشی از حوالی نقطه بهینه برای مسئله بیشینه‌سازی ماتریس‌ها در ادامه آورده شده است که اعداد معرف سطر و ستون همان اعداد سطر و ستون ماتریس اصلی است که بایستی یک به یک مقایسه شود).

جدول ۲. مقادیر ماتریس سود

ستون / سطر	۱	۲	۳	٤
۱۰	۱۶۷۵۳۸/۷	۱۸۶۳۷۲/۵	۱۸۸۱۹۹/۳	۱۸۴۹۴۹/۹
۱۱	۱۶۴۳۳۰/۹	۱۸۵۶۷۶/۳	۱۸۸۴۷۵/۱	۱۸۵۷۰۰/۹
۱۲	۱۶۰۵۶۳/۴	۱۸۴۶۶۷/۰	۱۸۸۵۴۱/۰	۱۸۶۲۹۷/۷
۱۳	۱۵۶۲۳۴/۶	۱۸۳۳۴۵/۲	۱۸۸۳۹۶/۷	۱۸۶۷۴۰/۲
۱۴	۱۵۱۳۴۲/۸	۱۸۱۷۰۹/۰	۱۸۸۰۴۲/۰	۱۸۷۰۲۸/۳

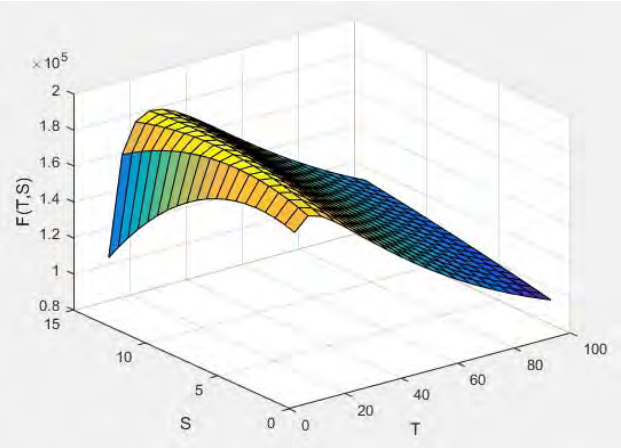
جدول ۳. مقادیر ماتریس زمان بازرسی

ستون / سطر	۱	۲	۳	٤
۱۰	۷/۱	۷/۱	۷/۱	۷/۱
۱۱	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸
۱۲	۸/۴	۸/۴	۸/۴	۸/۴
۱۳	۹/۱	۹/۱	۹/۱	۹/۱
۱۴	۹/۸	۹/۸	۹/۸	۹/۸

جدول ٤. مقادیر ماتریس زمان بازپرسازی

ستون / سطر	۱	۲	۳	٤
۱۰	۷	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۶/۲
۱۱	۷	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۶/۲
۱۲	۷	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۶/۲
۱۳	۷	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۶/۲
۱۴	۷	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۶/۲

شکل نهایی مقدار سود برحسب زمان بازپرسازی و زمان بازرسی در زیر آمده است:



شکل ۲. سود بر حسب زمان بازپرسازی و زمان بازرسی

تغییر مقدار سفارش اقتصادی (Q = ۱۰۰۰۰)

در ابتدا مقدار سفارش (Q) برابر با ۶۰۰۰ بوده که این بار مقدار آن را به ۱۰۰۰۰ افزایش می‌دهیم. مقادیر پارامترها عبارت است از:

جدول ۵. مقادیر پارامترها

پارامترها	λ	Θ	K	C	H
مقدار	۱۰۰۰	۰/۰۲	۱۰۰	۲۵	۰/۱
پارامترها	**Q**	**D**	**d**	**P**	**A**
مقدار	۱۰۰۰۰	۲۰۰	۰/۲۵	۲۰۰	۰/۰۲

با جای‌گذاری مقادیر بالا در فرمول و تغییر مقدار سفارش مقدار هر یک از متغیرهای سود، زمان بازرسی و زمان بازپرسازی تغییر می‌کند که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

جدول ٦. مقادیر ماتریس سود

ستون / سطر	۲	۳	٤	٥
۱۳	۱۶۷۷۰۷/۸	۱۷۷۶۲۰/۲	۱۷۸۶۱۳/۰	۱۷۵۹۶۴/۱
۱۴	۱۶۶۰۶۸/۵	۱۷۷۲۶۴/۶	۱۷۸۹۰۱/۴	۱۷۶۶۱۳/۷
۱۵	۱۶۴۱۱۳/۹	۱۷۶۶۹۷/۸	۱۷۹۰۳۵/۰	۱۷۷۱۴۳/۴
۱۶	۱۶۱۸۴۳/۲	۱۷۵۹۱۹/۴	۱۷۹۰۱۳/۶	۱۷۷۵۵۳/۳
۱۷	۱۵۹۲۵۵/۵	۱۷۴۹۲۹/۰	۱۷۸۸۳۷/۲	۱۷۷۸۴۳/۳

جدول ۷. مقادیر ماتریس زمان بازرسی

ستون / سطر	۲	۳	٤	٥
۱۳	۹/۱	۹/۱	۹/۱	۹/۱
۱۴	۹/۸	۹/۸	۹/۸	۹/۸
۱۵	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵
۱۶	۱۱/۲	۱۱/۲	۱۱/۲	۱۱/۲
۱۷	۱۱/۸	۱۱/۸	۱۱/۸	۱۱/۸

جدول ۸. مقادیر ماتریس زمان بازپرسازی

ستون / سطر	۲	۳	٤	٥
۱۳	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۱/۴	۲۶/۲
۱۴	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۱/۴	۲۶/۲
۱۵	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۱/۴	۲۶/۲
۱۶	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۱/۴	۲۶/۲
۱۷	۱۱/۸	۱۶/۶	۲۱/۴	۲۶/۲

با لحاظ‌کردن مقادیر ماتریس‌ها در دو حالت متفاوت برای مقدار سفارش، نتایج عددی در جدول ۹ نمایش داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۹. مقادیر متغیرهای تصمیم و سود

S	T	F	Q
۸/۴	۱۶/۶	۱۸۸۵۴۱	۶۰۰۰
۱۰/۵	۲۱/۴	۱۷۹۰۳۵	۱۰۰۰۰

با توجه به اینکه مقدار سود در ماتریس به‌دست‌آمده مربوط به سطر ۱۲ و ستون ۳ است، مقادیر مربوطه برای زمان بازرسی و زمان بازپرسازی نیز مقدار بهینه خواهند بود که در جدول بالا ذکر شده‌اند. در این میان، جدولی برای مقایسه مقادیر آورده شده است تا تغییرات ناشی از افزایش مقدار سفارش را در زمان بازرسی و زمان بازپرسازی مشاهده کنیم.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار سفارش‌دهی از مقدار بهینه به‌دست‌آمده مقدار سود (F) کاهش یافته، زمان بازپرسازی (T) افزایش یافته و زمان بازرسی (S) نیز افزایش پیدا می‌کند.

اگر بتوان بازرسی را در زمان‌های مناسب وارد مدل‌های ریاضی برای بحث تولید انجام داد، نتیجه خوبی حاصل

خواهد شد. این موضوع، به‌خصوص در رابطه با کالاهایی که به‌مرور فاسد می‌شوند و رضایت مشتری مهم است، بسیار اهمیت دارد و به‌طور یقین، به انجام رساندن بازرسی، با توجه به نتایج مدل، نتایج مثبتی را رقم خواهد زد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این موضوع تأیید و اثبات شد که می‌توانیم با انجام بازرسی در زمان مناسب با توجه به سطح موجودی انبار سود به‌دست‌آمده را بیشتر از حالتی کنیم که بازرسی نداریم. این مسئله به‌وضوح در جدول‌هایی که در قسمت قبل تهیه شده است، مشاهده می‌شود.

در این پژوهش، مقالاتی را بررسی کردیم که هر یک سعی داشتند تا با ارائه مدلی مقالات، خود را به دنیای واقعی نزدیک‌تر کنند. با بررسی مقالات متعدد دریافتیم، برای کالاهایی که به‌مرور فاسد می‌شوند، انجام بازرسی در زمان بهینه باعث افزایش سود نهایی واحد صنعتی خواهد شد.

از این رو، مدلی را توسعه دادیم تا به‌کمک آن بتوانیم سود را بیشینه کنیم و با نزدیک‌تر شدن مدل به واقعیت کاربردی بودن آن را نشان دهیم.

یک ضریب خطا در بازرسی به این شکل وجود دارد که کالا سالم بوده و ما آن را به‌طور اشتباه معیوب شناسایی کردیم. این ضریب خطا برای نزدیک‌تر شدن مسئله ما به واقعیت بیان شده است که به‌طور یقین بعد از بازرسی تأثیر خود را روی مدل می‌گذارد.

برای کالاهای بازگردانده‌شده نیز نرخی در نظر گرفتیم که مقالات بررسی‌شده به این موضوع مهم اشاره‌ای نکردند، در صورتی که در جهان واقعی و نه خیالی، مشتری در صورت دریافت کالای معیوب آن را بازمی‌گرداند. به‌غیر از این، اگر به‌دنبال کسب اعتبار در این بازار اقتصادی به‌شدت رقابتی هستیم، رضایت مشتری تعیین‌کننده این مسئله است. بنابراین، باید محصولی مرغوب و سالم به مشتری تحویل داد.

در ادامه، برای پیشنهادهای آتی می‌توان خطا در بازرسی را به شکل‌های دیگر در نظر گرفت. همچنین می‌توانیم بیمه را وارد مسئله کنیم، به این ترتیب که برای محصولات فاسدشده به‌صورت سالیانه یا فصلی هزینه‌هایی بابت بیمه بپردازیم تا هزینه معیوب شدن کالا را پرداخت نکنیم. علاوه بر این، بحث گارانتی کردن محصول نیز مسئله جالبی است که توجه بسیار اندکی به آن شده است (در مرور ادبیات به تأیید و اثبات این موضوع پرداخته شده است). با گارانتی کردن محصولات و پرداخت هزینه‌هایی، می‌توانیم اعتبار شرکت یا واحد صنعتی خود را افزایش دهیم و به‌دنبال آن، خواهیم توانست فروش بیشتر و در نتیجه سود بیشتری به دست بیاوریم.

References

Alfares, H.K. (2007). Inventory Model with Stock-Level Dependent Demand Rate and Variable Holding Cost. *International Journal of Production Economics*, 108, 259-265.

Broekmeulen, R.A.C.M., Donselaar, K.H.V. (2009). A Heuristic to Manage Perishable Inventory with Batch Ordering Positive Lead-Time and Time-Varying Demand. *Computers and Operations Research*, 36, 3013-3018.

Ferguson, M., Jayaraman, V., & Souza, G.C. (2007). Note: An Application of the EOQ Model with Nonlinear Holding Cost to Inventory Management of Perishables. *European Journal of Operational Research*, 180, 485-490.

Ghare, P.M., & Schrader, G.F. (1963). A Model for Exponentially Decaying Inventories. *Journal of Industrial Engineering*, 14, 238-243.

Girl, B.C., Chaudhuri, K.S. (1998). Deterministic Models of Perishable Inventory with Stock-Dependent Demand Rate and Nonlinear Holding Cost. *European Journal of Operational Research*, 105(3), 467-474.

Goh, M. (1994). EOQ Models with General Demand and Holding Cost Functions. *European Journal of Operational Research*, 73, 50-54.

Lin, Y. & Lin, Ch. (2006). Purchasing Model for Deteriorating Items with Time Varying Demand under Inflation and Time Discounting. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27, 816-823.

Lystad E., Ferguson, M. and Alexopoulos, C. (2006). *Single Stage Heuristic for Perishable Inventory Control in Two-Echelon Supply Chains*. Ph.D, Georgia Institute of Technology.

Maihami, R. & Kamalabadi, I.N. (2012). Joint Pricing and Inventory Control for Non-Instantaneous Deteriorating Items with Partial Backlogging and Time and Price Dependent Demand. *International Journal of Production Economics*, 136, 116-122.

Sanni, S.S., Chukwu, W.I.E. (2013). An Economic Order Quantity Model for Items with Three-Parameter Weibull Distribution Deterioration, Ramp-type Demand and Shortages. *Applied Mathematical Modelling*, 37, 9698-9706.

Tai, A.H., Xie, Y., & Ching, W.K. (2016). Inspection Policy for Inventory System with Deteriorating Products. *Internashnal Journal of Economics*, 88, 22-29.

Taleizadeh, A.A. (2014). An EOQ Model with Partial Backordering and Advance Payments for An Evaporating Item. *International Journal of Production Economics*, 155, 185-193.

Tsai, D.M. (2011). An Optimal Production and Shipment Policy for a Single Vendor Single-Buyer Integrated System with Both Learning Effect and Deteriorating Items. *International Journal of Production Research*, 49(3), 903-922.

Wang, K.J., Lin, Y.S. & Yu, C.P.J. (2011). Optimizing Inventory Policy for Products with Time Sensitive Deteriorating Rates in A Multi-Echelon Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 130, 66-76.

Weiss, H.J. (1982). Economic Order Quantity Models with Nonlinear Holding Costs. *European Journal of Operational Research*, 9, 56-60.

Wu, K.S., Ouyang, L.Y. & Yang, C.T. (2006). An Optimal Replenishment Policy for Non-Instantaneous Deteriorating Items with Stock-Dependent Demand and Partial Backlogging. *International Journal of Production Economics*, 2, 369-380.