

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

ارائه مدل یکپارچه موجودی برای اقلام فسادپذیر با نرخ تقاضای وابسته به سطح موجودی در یک زنجیره تامین چند سطحی

محمد رضا اکبری جوکار^(۱)، هاشم وحدانی^(۲)، مهدی داودی^(۳)

۱، ۲ و ۳- دانشگاه صنعتی شریف- دانشکده مهندسی صنایع

Reza.Akbari@sharif.edu

چکیده

امروزه شرایط رقابتی حاکم بر محیط‌های تجاری، اهمیت مدیریت زنجیره تامین و لزوم نگاه یکپارچه به سیستم‌های تولیدی را بیش از پیش نمایان می‌سازد. در این مقاله مدل موجودی چند سطحی برای اقلام فسادپذیر به منظور دستیابی به مقدار بهینه هزینه کل زنجیره عرضه، شامل هزینه‌های تامین کننده^۴، تولید کننده^۵ و خریدار^۶ ارائه شده است. نرخ تقاضای خارجی وابسته به سطح موجودی بوده و نرخ مخاطره برای تمامی اقلام، از مواد اولیه گرفته تا محصول نهایی، ثابت می‌باشد. برای حل مساله از یک برنامه کامپیوتری استفاده شده و چگونگی دستیابی به جواب بهینه با استفاده از یک مثال عددی نشان داده شده است.

واژه‌های کلیدی: سیستم موجودی چند سطحی- اقلام فسادپذیر- یکپارچه سازی

۱. مقدمه

در این مقاله به مطالعه سیستم یکپارچه موجودی برای اقلام فسادپذیر در یک زنجیره تامین چند سطحی پرداخته شده است. بطور کلی در این مقاله سه مبحث شناخته شده در مدل‌های موجودی مورد بررسی قرار گرفته و در یک مدل نسبتاً جامع گرد هم آمده‌اند. این سه مقوله عبارتند از: مدل‌های موجودی برای اقلام فسادپذیر^۷، سیستم‌های موجودی چند سطحی^۸ و یکپارچگی در زنجیره‌های عرضه^۹. در مورد دامنه و پیشینه کاربرد هر یک از موضوعات فوق در ادامه به اختصار توضیحاتی ارائه می‌گردد.

۱ - دانشیار دانشکده مهندسی صنایع

۲ - دانشجوی دکتری مهندسی صنایع

۳ - کارشناس ارشد مهندسی صنایع

4 - Supplier

5 - Producer

6 - Buyer

7- Deteriorating inventory model

8 - multi-echelon inventory system

9 - integration supply chain

۱.۱. مدل‌های موجودی برای اقلام فسادپذیر

تحقیقات انجام شده در این زمینه روز به روز مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد چرا که در دنیای واقعی فسادپذیری و خرابی در مورد اکثر محصولات، از جمله مواد دارویی، سبزیجات و میوه‌ها اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد و در سال‌های اخیر محققین زیادی به مطالعه این موضوع پرداخته‌اند. گیر و اسچرادر^۱ اولین کسانی بودند که بحث فسادپذیری را برای محصولات با تابع چگالی عمر نمایی در شرایط تقاضای ثابت بررسی کردند. کوورت و فیلیپ^۲ کار ایشان را برای محصولات با تابع چگالی عمر وایبول توسعه دادند. مک^۳، کانگ و کیم^۴ مدل تولیدی برای سیستم‌های موجودی فسادپذیر مورد بررسی قرار داده‌اند. هنگ^۵ و سایرین^۵ مدلی برای سیستم‌های موجودی با نرخ بازسازی^۶ محدود، نرخ تقاضای ثابت و تابع فسادپذیری نمایی توسعه دادند. در این مقاله با بهره‌گیری از مفاهیم فوق‌الذکر، مدل بهینه اندازه انباشته برای هر دو حالت تولید و سفارش‌دهی برای اقلامی با نرخ مخاطره نمایی و تقاضای وابسته به سطح موجودی ارائه شده است.

۲.۱. سیستم موجودی چندسطحی

چنانچه محصولی قبل از رسیدن به مشتری نهایی در بیش از یک مرحله در زنجیره عرضه، از تامین کنندگان اولیه گرفته تا توزیع کنندگان نهایی، مورد مطالعه قرار گیرد، با یک سیستم موجودی چند سطحی مواجه خواهیم بود. طی دهه‌های اخیر مقالات زیادی در زمینه سیستم‌های موجودی چند سطحی به چاپ رسیده است. کلارک و اسکارف^۶ اولین کسانی بودند که در این زمینه به تحقیق پرداختند و مدل موجودی دو سطحی را بررسی کردند. ایشان ثابت کردند برای سیستم موجودی سریال، سیستم موجودی پایه بهینه بوده و یک روش تجزیه کارا برای دستیابی به سیاست بهینه سفارش دهی ارائه کردند. اکساتر و ژانگ^۷ سیستمی دو سطحی با یک انبار مرکزی و تعدادی خرده فروش را مورد مطالعه قرار دادند. هر یک از خرده‌فروش‌ها با تقاضاهای مستقل، برخوردار از توزیع پواسون مواجه بودند. چوو^۸ نشان داد مدل یکپارچه موجودی برای دو مرحله برای اقلام فسادپذیر با فرض وجود استراتژی مشارکت، پرسودتر خواهد بود. مقالات زیادی نیز در حالت‌های کلی‌تر، یعنی موجودیهای چند سطحی ارائه شده‌اند. دیکس و کوک^۹ سیاست بهینه بازسازی برای یک سیستم موجودی چند سطحی و اگر تحت سیاست مرور دوره‌ای توسعه داده‌اند. آیدا^{۱۰} یک سیستم چند سطحی پویا در حالت تقاضای نایستا^{۱۲} را مورد بررسی قرار داده است. در این مقاله نیز ما سیستم موجودی چند سطحی شامل تامین کننده، تولیدکننده و خریدار و البته برای اقلام فسادپذیر را مطالعه می‌کنیم.

۳.۱. یکپارچه‌سازی در زنجیره عرضه

رقابتی شدن بازار باعث شده تا مدیریت زنجیره عرضه، خود را به عنوان یکی از مهمترین موضوعات تحقیق معرفی کند. برخی از مقالات علمی، مدل‌هایی را برای بهینه‌سازی سیستم‌های یکپارچه زنجیره عرضه ارائه کرده‌اند. گویال^{۱۳} اولین کسی بود که بحث یکپارچه‌سازی را با محاسبه هزینه کل خریدار و تامین‌کننده مورد توجه قرار داد. کوهن و لی^{۱۴} مدلی را توسعه دادند که به بررسی سیاست بهینه سفارش‌دهی برای تمامی مواد در هر یک از مراحل موجود در یک زنجیره تامین

- 1 - Ghare&Schrader
- 2 - Covert&Philip
- 3 - Mak
- 4 - Kang&Kim
- 5 - Heng
- 6 - Replenishment
- 7 - Clark&Scarf
- 8 - Axsater&Zhang
- 9 - Chou
- 10 - Diks&Kok
- 11 - Aida
- 12 - Non-stationary
- 13 - Goyal
- 14 - Kohen&Lee

چند سطحی می‌پرداخت. گانشان^۱ [۱۳] برای سیستم موجودی (Q, S) نقاط سفارش‌دهی مجدد نزدیک بهینه را با هدف کمینه‌سازی کل هزینه‌های لجستیکی مربوط به خرده‌فروش و انبارها را محاسبه نمود. یانگ و وی^۲ [۱۴] مدلی یکپارچه برای اقلام فسادپذیر مربوط به هم فروشنده و هم خریدار توسعه داد. نتایج ارائه شده نشان داد که بررسی عناصر زنجیره بصورت یکپارچه از لحاظ هزینه‌ای در مقایسه با تحلیل هزینه هر عنصر بصورت مستقل، با صرفه‌جویی‌های قابل ملاحظه‌ای همراه است. ایشان در مقاله خود جهت راحتی کار، بحث تحویل سفارشات را بصورت پیوسته در طول زمان در نظر گرفتند در صورتیکه در مقاله حاضر تحویل‌ها در کلیه سطوح زنجیره عرضه، بصورت دوره‌ای صورت می‌گیرد. راثو و سایرین [۱۵] سیستم موجودی سه سطحی برای اقلام فسادپذیر در شرایط تقاضای ثابت و عدم کمبود را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نیز مؤید این موضع است که یکپارچگی در زنجیره عرضه اثر قابل ملاحظه‌ای در کاهش هزینه کل سیستم ایجاد خواهد کرد. همانطور که گفته شد، در این مقاله هر سه موضوع فوق با یکدیگر ترکیب شده و مدلی یکپارچه برای سیستم موجودی چند سطحی برای اقلام فسادپذیر در شرایط تقاضای متغیر ارائه می‌شود. برای روشن شدن موضوع، و تاکید بر اثرات مثبت یکپارچه‌سازی در کاهش هزینه‌های کلی سیستم فوق، مثالی عددی نیز ارائه خواهد شد.

۲. فرضیات

بطور کلی مدل ریاضی توسعه یافته در این مقاله بر اساس فرضیات زیر شکل گرفته است:

۱- نرخ تقاضا وابسته به سطح موجودی بوده و بصورت تابع خطی زیر تعریف می‌شود:

$$D(t) = \alpha + \beta \times I(t) \quad \alpha > 0, \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

۲- نرخ تولید ثابت و مقدار آن در هر لحظه بیشتر از نرخ تقاضا فرض می‌شود.

۳- طول دوره برنامه‌ریزی معین می‌باشد.

۴- زمان تحویل سفارش در کلیه سطوح زنجیره برابر صفر در نظر گرفته شده و کمبود مجاز نمی‌باشد.

۵- تنها یک تامین‌کننده، یک تولیدکننده و یک خریدار در مدل مورد بررسی وارد شده‌اند.

۶- تنها یک قلم محصول (از مواد اولیه تا محصول نهایی) با نرخ خرابی ثابت وارد مدل شده است.

۷- مقدار سفارش داده شده در چند مرحله (به جای یک دریافت در هر سفارش) دریافت می‌گردد.

۸- مقدار مواد اولیه تحویلی به تولیدکننده از جانب تامین‌کننده و محصول نهایی تحویلی به خریدار از جانب تولیدکننده در هر ارسال یکسان می‌باشد.

۹- نرخ تبدیل مواد اولیه به محصول نهایی k به ۱ در نظر گرفته شده است.

کلیه نمادها و پارامترهای بکار رفته در مدل‌سازی، در جدول (۱) معرفی شده‌اند.

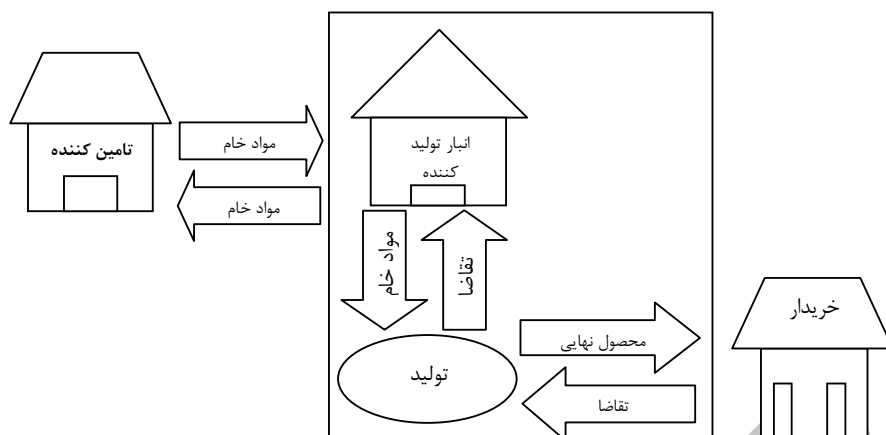
۳. ارائه مدل

در یک سیکل کامل زنجیره اتفاقات زیر رخ می‌دهد. تامین‌کننده، مواد اولیه را از تامین‌کنندگان بیرونی (خارج از بحث) تهیه و مقادیر ثابتی را در بازه‌های ثابت و یکسان در اختیار تولیدکننده قرار می‌دهد. تولیدکننده مواد اولیه را از انبار تحویل گرفته و کالای نهایی را تولید می‌کند. مقادیر ثابتی از محصول نهایی نیز در بازه‌های ثابت زمانی در اختیار خریدار قرار می‌گیرد. این سیستم یکپارچه جریان مواد در شکل (۱) نشان داده شده است.

1 - Ganeshan
2 - Yang&Wee

جدول ۱- معرفی نمادهای بکار رفته در مدل

نماد	توضیحات	نماد	توضیحات
t	فاصل زمانی بین بازسازی‌ها	TC_B	کل هزینه‌های مربوط به خریدار
T	سیکل کامل سفارش‌دهی (معلوم)	TC_P	کل هزینه‌های مربوط به تولیدکننده
T_1	زمان تولید برای تولید کننده در یک سیکل	TC_{PW}	کل هزینه‌های مربوط به انبارهای تولیدکننده
T_2	زمان سیکل تامین کننده	TC_S	کل هزینه‌های مربوط به تامین کننده
n	تعداد تحویل محصول نهایی به خریدار در هر سیکل سفارش	TC	مجموع کل هزینه‌های سیستم یکپارچه موجودی
n_p	تعداد تحویل محصول نهایی به خریدار در دوره T_1	$D(t)$	نرخ تقاضای وارده بر خریدار برای محصول نهایی
t_3	مدت زمان تولید بعد از n_p سیکل تولیدی تا انتهای دوره تولید	A	هزینه سفارش‌دهی کالای نهایی برای خریدار
q_B	اندازه انباشته کالای نهایی تحویلی به خریدار	H_B	هزینه نگهداری هر واحد کالای نهایی در واحد زمان برای خریدار
Q_B	مقدار کل سفارش کالای نهایی خریدار در هر سیکل T	F_B	هزینه دریافت کالای نهایی به ازای هر دریافت کالای نهایی
q_p	مقدار کالای نهایی تولید شده در مدت زمان t	P_B	هزینه هر واحد کالای نهایی فاسدشده خریدار
q_{pw}	مقدار مواد خام ارسالی به انبار تولیدکننده به ازای هر تحویل	θ_B	نرخ خرابی برای محصولات نهایی در اختیار خریدار
q_{npw}	مقدار مواد تحویلی در آخرین ارسال به انبار تولیدکننده	P	نرخ تولید محصول نهایی در واحد زمان
Q_s	مقدار کل سفارش دهی مواد اولیه در هر سیکل T_2	S_p	هزینه هر بار آماده‌سازی تولید
Q_{pw}	مقدار مواد اولیه ارسالی به تامین کننده در هر ارسال	F_p	هزینه هر بار تحویل کالای نهایی به خریدار
Q_{npw}	مقدار مواد اولیه ارسالی به تامین کننده در ارسال آخر	H_p	هزینه نگهداری هر واحد کالای نهایی در واحد زمان برای تولیدکننده
A_p	تعداد کل کالای نهایی تولید کننده در T	P_p	هزینه هر واحد کالای نهایی فاسد شده تولید کننده
$I_B(t)$	سطح موجودی کالای نهایی خریدار در t	θ_p	نرخ خرابی کالای نهایی در اختیار تولید کننده
$I_{pi}(t)$	سطح موجودی کالای نهایی تولیدکننده در تامین دوره تولیدی در t	F_{PW}	هزینه هر بار دریافت مواد اولیه برای تولیدکننده
$I_{pw}(t)$	سطح موجودی مواد اولیه در انبارهای تولیدکننده در زمان t	H_{PW}	هزینه نگهداری هر واحد ماده اولیه در واحد زمان در انبار تولیدکننده
$I_s(t)$	سطح موجودی مواد اولیه تامین کننده	P_{PW}	هزینه هر واحد مواد اولیه فاسد شده در انبار تولید کننده
θ_{PW}	نرخ خرابی مواد اولیه در اختیار تولید کننده	S	هزینه سفارش‌دهی تامین کننده
F_S	هزینه هر بار تحویل مواد اولیه برای تامین کننده	H_S	هزینه نگهداری هر واحد مواد اولیه در واحد زمان برای تامین کننده
P_S	هزینه هر واحد ماده اولیه فاسد برای تامین کننده	θ_S	نرخ خرابی مربوط به مواد اولیه در اختیار تامین کننده



شکل ۱- جریان مواد در سیستم زنجیره عرضه یکپارچه

در ادامه چگونگی تشکیل مدل ریاضی برای محاسبه کل هزینه‌های سیستم یکپارچه اعم از نگهداری، سفارش‌دهی، خرابی و غیره به منظور دستیابی به مقادیر بهینه سفارش‌دهی و تعداد سیکل‌های تحویل کالا در هر دوره تشریح می‌گردد.

۳.۱. مدل موجودی مربوط به خریدار

با توجه به شکل (۲) و فرضیات مطرح شده در مساله، سطح موجودی کالای نهایی در اختیار خریدار ($I_B(t)$) با توجه به عوامل موثر تعریف شده، در زمان t' به کمک معادله دیفرانسیل زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\frac{dI_B(t')}{dt'} = -(\alpha + \beta \times I_B(t')) - \theta_B I_B(t') \quad 0 \leq t' \leq t \quad (1)$$

با حل معادله فوق و محاسبه سطح موجودی کالای نهایی، مقدار ابتدایی سطح موجودی در شروع هر دوره همان اندازه انباشته مواد نهایی قابل دریافت در هر دوره را بدست می‌دهد. بدین ترتیب داریم:

$$q_B = \frac{\alpha}{\beta + \theta_B} (e^{(\beta + \theta_B)t} - 1) \quad (2)$$

برای محاسبه هزینه‌های نگهداری لازم است مقدار انباشته سطح موجودی در هر دوره محاسبه شود. بدین منظور داریم:

$$K_B = \int_0^t I_B(t') dt' = \frac{\alpha}{(\beta + \theta_B)^2} e^{(\beta + \theta_B)t} - \frac{\alpha + \alpha t (\beta + \theta_B)}{(\beta + \theta_B)^2} \quad (3)$$

بدین ترتیب متوسط هزینه محصول نهایی مرتبط با خریدار در یک دوره کامل (T)، شامل هزینه سفارش‌دهی، هزینه دریافت، نگهداری و محصول نهایی فاسد شده به راحتی قابل محاسبه می‌باشد:

$$TC_B = \frac{A}{T} + F_B \times \frac{n}{T} + \left[\frac{\alpha}{(\beta + \theta_B)^2} e^{(\beta + \theta_B)t} - \frac{\alpha + \alpha t (\beta + \theta_B)}{(\beta + \theta_B)^2} \right] \times H_B \times \frac{n}{T} + \left[\frac{\alpha}{\beta + \theta_B} (e^{(\beta + \theta_B)t} - 1) - \alpha t - \beta K_B \right] \times P_B \times \frac{n}{T} \quad (4)$$

۲.۳. مدل موجودی مواد اولیه مربوط به تولید کننده

مشابه قسمت قبل برای محاسبه تابع هزینه سیستم موجودی، نیازمند محاسبه تابع سطح موجودی لحظه‌ای مواد اولیه در انبار تولیدکننده هستیم. بدین منظور داریم:

$$\frac{dI_{PW}(t')}{dt'} = -k \times P - \theta_{PW} I_{PW}(t') \quad 0 \leq t' \leq t \quad (5)$$

k نشان دهنده ضریب تبدیل مواد اولیه به محصول نهایی می‌باشد. مطابق این معادله سطح موجودی مواد اولیه تحت تاثیر مصرف، به واسطه تولید، و نرخ خرابی لحظه‌ای در حال کاهش می‌باشد. مقدار انباشته موجودی در بازه $(0, t)$ برابر است با:

$$\int_0^t I_{PW}(t') dt' = \frac{kP}{\theta_{PW}^2} e^{\theta_{PW} t} - \frac{kP + kP\theta_{PW} t}{\theta_{PW}^2} \quad (6)$$

مقدار موجودی اولیه در $t=0$ با توجه به نمادگذارهای صورت گرفته برابر خواهد بود با:

$$q_{PW} = \frac{kP}{\theta_{PW}} [e^{\theta_{PW} t} - 1] \quad (7)$$

$$q_{nPW} = \frac{kP}{\theta_{PW}} [e^{\theta_{PW} t_3} - 1] \quad (8)$$

بدین ترتیب متوسط هزینه مواد اولیه مرتبط با انبار تولیدکننده در یک دور کامل (T) برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned} TC_{PW} = & F_{PW} \times (n_p + 1) \times \frac{1}{T} + \left[\frac{kP e^{\theta_{PW} t}}{\theta_{PW}^2} - \frac{kP + kP\theta_{PW} t}{\theta_{PW}^2} \right] \times H_{PW} \times n_p \times \frac{1}{T} \\ & + \left[\frac{kP e^{\theta_{PW} t_3}}{\theta_{PW}^2} - \frac{kP + kP\theta_{PW} t_3}{\theta_{PW}^2} \right] \times H_{PW} \times \frac{1}{T} + \left[\frac{kP}{\theta_{PW}} (e^{\theta_{PW} t} - 1) - kP \times t \right] \times P_{PW} \times n_p \times \frac{1}{T} \\ & + \left[\frac{kP}{\theta_{PW}} (e^{\theta_{PW} t_3} - 1) - kP \times t_3 \right] \times P_{PW} \times \frac{1}{T} \end{aligned} \quad (9)$$

۳.۳. مدل موجودی محصول نهایی در اختیار تولید کننده

مدل موجودی مربوط به محصول نهایی در اختیار تولید کننده با دریافت‌های چندگانه برای مقدار سفارش داده شده در هر دوره، با کمک گرفتن از شکل (۲) و به ازای اولین دوره تولیدی، بصورت زیر قابل تعریف می‌باشد:

$$\frac{dI_p(t')}{d(t')} = P - \theta_p I_p(t') \quad 0 \leq t' \leq t \quad (10)$$

بدین ترتیب مقدار تابع موجودی در نقطه انتهایی بازه (به ازای $t'=t$) در دوره اول برابر خواهد بود با:

$$q_p = \frac{P}{\theta_p} [1 - e^{-\theta_p t}] \quad (11)$$

معادله حالت برای i امین دور بعد از اولین تحویل محصول نهایی بصورت زیر خواهد بود:

$$\frac{dI_{p_i}(t')}{d(t')} = P - \theta_p I_{p_i}(t') \quad 0 \leq t' \leq t \quad (12)$$

$$1 \leq i \leq n_p + 1$$

مقدار ابتدایی محصول نهایی قبل از تحویل i امین انباشته برابر $I_{p_i}(0) = Q_{i-1}$ می‌باشد. با حل معادله فوق با شرایط اولیه مذکور نتیجه زیر حاصل می‌شود:

$$I_p(t') = \frac{P}{\theta_p} [1 - e^{-\theta_p t'}] + Q_{i-1} e^{-\theta_p t'} \quad 0 \leq t' \leq t \quad (13)$$

$$1 \leq i \leq n_p + 1$$

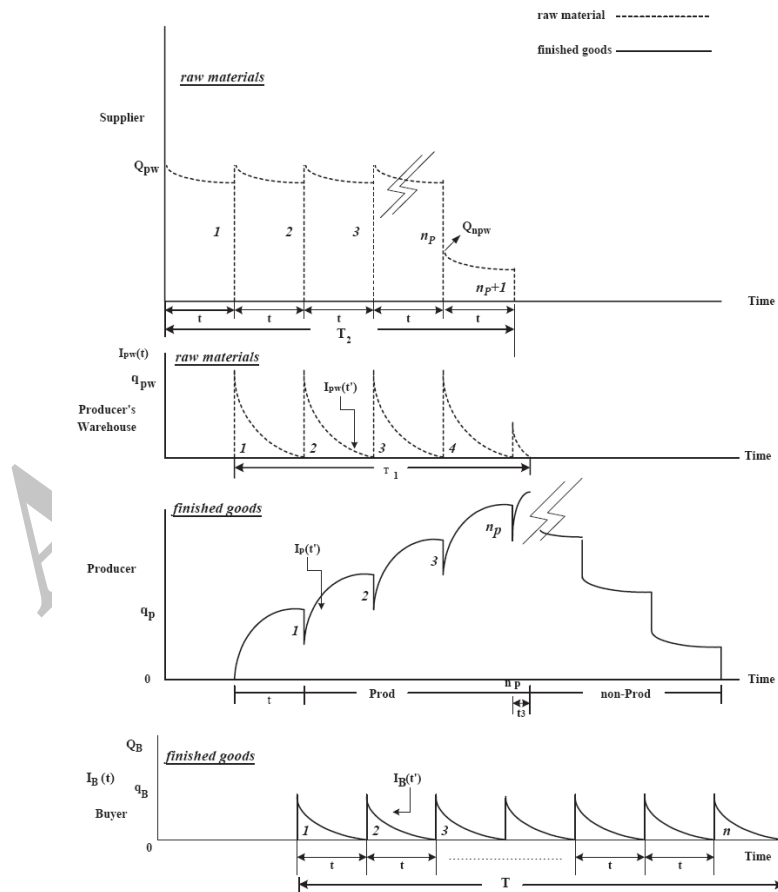
با استفاده از این معادله، اندازه انباشته در ابتدای دوره توقف تولید برابر خواهد بود با:

$$Q_{non-prod(1)} = \frac{P}{\theta_p} - \frac{P}{\theta_p e^{\theta_p(t \times n_p + t_3)}} - \frac{q_B e^{-\theta_p t}}{(1 - e^{-\theta_p t})} + \frac{q_B e^{-\theta_p(t_3 + t \times n_p)}}{(1 - e^{-\theta_p t})} \quad (14)$$

زمانی که تولیدکننده به مقدار انباشته موجودی محصول نهایی مورد نیاز خریدار به ازای کل دوره T دست یابد، تولید متوقف خواهد شد. با کمک گرفتن از شکل (۲) می توان متوجه شد که طول مدت تولید در هر دوره، برابر $(n_p t + t_3)$ خواهد بود. بدین ترتیب در زمان T سطح موجودی محصول نهایی تولیدکننده برابر صفر و تمامی محصولات تولیدی برای خریدار ارسال خواهد شد.

مطابق آنچه رائو و سایرین (۲۰۰۳) در مقاله خود آورده اند، در شرایطی که نرخ مخاطره ثابت فرض شود، تقریبی از مقدار انتهایی موجودی بعد از گذشت t واحد زمانی در صورتیکه تنها عامل موثر بر سطح موجودی خرابی محصول باشد، برابر خواهد بود با:

$$\text{Ending Inventory} = \text{Opening Inventory} (1 - \theta)^t \quad (15)$$



شکل ۲- نحوه تغییرات و ارتباطات سطوح موجودی در زنجیره عرضه

بعد از گذشت $(npt+t_3)$ واحد زمانی، با توقف تولید، سطح موجودی محصول نهایی برابر $Q_{non-prod(1)}$ و بعد از $(t-t_3)$ واحد زمانی، مقدار موجودی در دست (Q_{np+i}) مطابق معادله بالا برابر است با:

$$Q_{n_p+1} = Q_{non-prod(1)} (1 - \theta_p)^{t-t_3} \quad (16)$$

بدین ترتیب با در نظر گرفتن اثرات خرابی محصول، مقدار محصول نهایی در اختیار تولیدکننده برای (n_p+i) امین سیکل یعنی زمانی که تولید متوقف شده، برابر خواهد بود با:

$$Q_{n_p+i} = (Q_{n_p+i-1} - q_B) (1 - \theta_p)^i \quad (17)$$

$$2 \leq i \leq n - n_p$$

مقدار محصول نهایی در اختیار در مرتبه n دقیقاً باید برابر با اندازه انباشته تحویلی به خریدار باشد. با استفاده از معادلات ۱۵-۱۷ تحت فرضیات مذکور، مقدار موجودی در دست در دوره توقف تولید و با حرکت برگشتی از انتها به ابتدای این دوره، در زمان $t'=t_3$ برابر خواهد بود با:

$$Q_{non-prod(2)} = \frac{q_B \left[(1 - \theta_p)^{t_3-3t+n_p \times t-t} - (1 - \theta_p)^{t_3-t} \right]}{(1 - \theta_p)^{-t} - 1} \quad (18)$$

با استفاده از معادلات ۱۴ و ۱۸ در صورتیکه $t'=t_3$ باشد، به معادله $Q_{non-prod(1)} = Q_{non-prod(2)}$ خواهیم رسید. برای محاسبه مقادیر t_3 و n_p گامهای زیر باید طی شود:

گام ۱- $t_3=t$ قرار دهید. با مقدار دهی به n_p از 1 تا $n-1$ در معادلات ۱۴ و ۱۸ مقادیر $Q_{non-prod(1)}$ و $Q_{non-prod(2)}$ قابل محاسبه خواهند بود.

گام ۲- اولین جایی که $Q_{non-prod(1)} \geq Q_{non-prod(2)}$ برقرار شد، مقدار n_p بدست می آید.

گام ۳- با جایگذاری مقدار n_p در معادلات ۱۴ و ۱۸ و حل همزمان این دو معادله، مقدار t_3 بدست می آید.

حال قادریم تا مقدار کل هزینه خرابی محصول و نگهداری را محاسبه کنیم. مقدار کل خرابی در یک دوره کامل برابر $p(t n_p+t_3)-nq_B$ می باشد که این مقدار برابر خواهد بود با $A_p \theta_p$ یعنی می توان متوسط تعداد کل خرابیها را با ضرب نرخ خرابی در مقدار کل انباشته موجودی در بازه صفر تا T بدست آورد. بدین ترتیب متوسط مقدار هزینه برای تولیدکننده در دوره T برابر خواهد بود با:

$$TC_p = \frac{S_p}{T} + \frac{F_p}{T} \times n + \left(\frac{P(t n_p+t_3) - nq_B}{\theta_p} \right) \times \frac{H_p}{T} + (P(t n_p+t_3) - nq_B) \times \frac{P_p}{T} \quad (19)$$

۴.۳. مدل موجودی برای تامین کننده

مطابق آنچه در قسمت قبل گفته شده و با کمک شکل (۲) می توان نوشت:

$$q_{PW} = Q_{PW} (1 - \theta_S)^t \quad (20)$$

بطور مشابه همین رابطه برای آخرین سیکل دریافت مواد یعنی برای Q_{nPW} و q_{nPW} برقرار می باشد.

مقدار کل سفارش مواد اولیه برای جوابگویی به نیاز تولید کننده در دوره T برابر است با:

$$Q_S = n_p \times Q_{PW} + Q_{nPW} \quad (21)$$

مقدار کل موجودی مواد اولیه برای محاسبه هزینه های موجودی در هر سیکل برابر است با:

$$\int_0^t q_{PW}(t') dt' = \frac{Q_{PW} (1 - \theta_S)^t - Q_{PW}}{\ln(1 - \theta_S)} \quad (22)$$

$$\int_0^t q_{n_{PW}}(t') dt' = \frac{Q_{n_{PW}}(1-\theta_S)^t - Q_{n_{PW}}}{\ln(1-\theta_S)} \quad (23)$$

و مشابه قسمت‌های قبل تابع کل هزینه برابر خواهد بود با:

$$TC_S = \frac{S}{T} + F_S \times (n_p + 1) \times \frac{1}{T} \\ + H_S \times \left[\frac{n_p \times (q_{PW} - Q_{PW}) + (q_{n_{PW}} - Q_{n_{PW}})}{\ln(1-\theta_S)} \right] \times \frac{1}{T} \quad (24) \\ + P_S \times \left[n_p \times (Q_{PW} - q_{PW}) + (Q_{n_{PW}} - q_{n_{PW}}) \right] \times \frac{1}{T}$$

۳.۵. تابع کل هزینه سیستم یکپارچه

برابر است با مجموع کل متوسط هزینه‌های هر یک از اجزای زنجیره در دوره T :

$$TC = TC_B + TC_{PW} + TC_P + TC_S \quad (25)$$

۴. روش حل و ارائه مثال عددی

با در اختیار داشتن تابع هزینه، با توجه به اینکه تابعی از تنها یک متغیر (n) می‌باشد، می‌توان به راحتی مقدار بهینه تابع را به روش جستجوی عددی بدست آورد. با مقایسه مقادیر مختلف تابع هزینه و رسم نمودار تغییرات این تابع بر حسب مقادیر مختلف n قادر خواهیم بود تا سیستم بهینه موجودی را پیدا کنیم. پارامترهای ورودی برای مثال عددی بررسی شده به قرار زیر می‌باشد:

Input Data of Buyer

$$T=10.0; \alpha=12000.0; \beta=0.2; A=300.0; F_B=25.0; H_B=15.0; P_B=110.0; \theta_B=0.08;$$

Input Data of Producer

$$P=24000.0; S_P=500.0; F_P=150.0; H_P=12.0; P_P=90.0; \theta_P=0.095; F_{PW}=20.0; H_{PW}=10.0; P_{PW}=85.0; \theta_{PW}=0.09;$$

Input Data of Supplier

$$S=250; F_S=125; H_S=8; P_S=75; \theta_S=0.1;$$

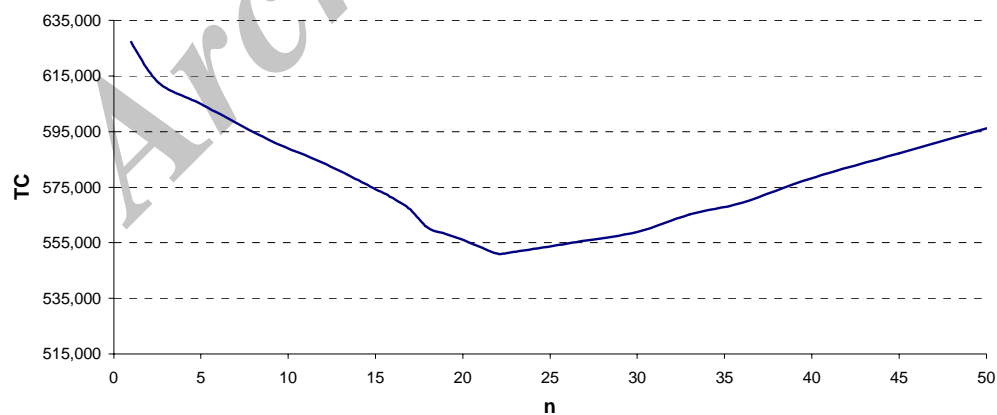
$$k=1.0;$$

به کمک نرم افزار *MATLAB* مساله فوق برای پارامترهای داده شده حل شده است و مقادیر بهینه هزینه‌ها برای کل سیستم و هر یک از اجزا بصورت مستقل ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر هزینه‌های مستقل هر یک از اجزا و سیستم یکپارچه چند سطحی

n	n_p	TC_B	$TC_{PW} + TC_P$	TC_S	TC
1	0	155,333	230,445	241,500	627,278
2	1	150,176	225,876	240,892	616,944
3	2	149,800	221,000	239,871	610,671
5	2	147,650	220,600	236,651	604,901
9	4	137,700	218,554	235,454	591,708
12	6	136,971	214,754	231,999	583,724
15	7	134,543	210,677	229,116	574,336
16	8	135,900	207,152	228,050	571,102
17	9	136,487	204,900	225,541	566,928
18	9	138,666	203,000	218,765	560,431
19	10	138,851	202,500	216,876	558,227
20	10	139,123	201,789	215,119	556,031
21	11	140,101	201,245	212,219	553,565
22	11	140,901	196,456	213,674	551,031
23	12	141,003	195,769	214,988	551,760
27	13	141,612	193,813	220,344	555,769
30	15	143,229	192,775	222,881	558,885
33	16	143,680	190,782	230,711	565,173
36	18	144,126	188,421	236,900	569,447
40	20	144,741	195,871	237,687	578,299
45	22	145,699	200,469	241,111	587,279
50	25	145,800	207,551	242,873	596,224

در شکل (۳) نمودار تغییرات تابع هزینه کل برای مقادیر مختلف n نشان داده شده است. محدب بودن تابع و در نتیجه بهینه بودن جواب حاصله کاملاً واضح می‌باشد. مقادیر بهینه در جدول (۲) مشخص شده‌اند.



شکل ۳- نمایش مقداری تابع هزینه کل سیستم چند سطحی مورد مطالعه

۵. تحلیل نتایج

در این مقاله به بررسی سیستم موجودی چند سطحی برای اقلام فسادپذیر در شرایطی که نرخ تقاضای محصول نهایی وابسته به سطح موجودی می‌باشد، پرداخته شده است. محاسبات مربوط به سطوح موجودی، به کمک معادلات دیفرانسیل ساده انجام شده و به کمک آن تابع سطح موجودی برای هر یک از عناصر زنجیره محاسبه شده است. بدین ترتیب با در اختیار داشتن مولفه‌های مختلف تابع هزینه قادر خواهیم بود تا به سادگی مقدار کمینه هزینه کل سیستم را بر اساس روش‌های عددی محاسبه کنیم.

نکته قابل تامل در این مساله این است که مقادیر حاصل از بهینه‌یابی با نگرشی یکپارچه به تمامی اعضای زنجیره و بر اساس مجموع هزینه‌ها، عموماً با مقادیر بهینه حاصل از بررسی مستقل هر یک از سیستم‌ها برابر نبوده و با اعمال نگرشی یکپارچه به کل سطوح موجودی می‌توانیم نتایج بهتری بدست آوریم.

به عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آتی می‌توان بر روی سیستم‌هایی با توابع عمر مختلف برای خرابی اقلام از جمله وایبول به مطالعه پرداخت. همچنین بررسی همزمان چندین تامین‌کننده یا خریدار بطور همزمان در یک مدل یکپارچه از جمله سایر مواردی است که به نظر می‌رسد مدل فوق را بیش از پیش به دنیای واقعی نزدیک‌تر می‌سازد.

۶. مراجع

- [1] Ghare, P.M., Schrader, S.F., 1963, A model for exponentially decaying inventory, *Journal of Industrial Engineering* 14, 238–243.
- [2] Covert, R.P., Philip, G.C., 1973, An EOQ model for items with weibull distribution deterioration. *AIIE Transactions* 5, 323–326.
- [3] Mak, K.L., 1982. A production lot size inventory model for deteriorating items. *Computers and Industrial Engineering* 6, 309–317.
- [4] Kang, S., Kim, I., 1983, A study on the price and production level of the deteriorating inventory system. *International Journal of Production Research* 21, 449–460.
- [5] Heng, K.J., Labban, J., Linn, R.L., 1991, An order-level lot-size inventory model for deteriorating items with finite replenishment rate, *Computers and Industrial Engineering* 20, 187–197.
- [6] Clark, A.J., Scarf, H., 1960. Optimal policies for a multi-echelon inventory problem, *Management Science* 6, 475–490.
- [7] Axsater, S., Zhang, W.F., 1999. A joint replenishment policy for multi-echelon inventory control., *International Journal of Production Economics* 59, 243–250.
- [8] Chou, T.H., 2000, Integrated two-stage inventory model for deteriorating items, Master's Thesis, Chung Yuan Christian University, Taiwan, ROC.
- [9] Diks, E.B., de Kok, A.G., 1998, Optimal control of a divergent multi-echelon inventory system. *European Journal of Operational Research* 111, 75–97.
- [10] Iida, T., 2001, The infinite horizon non-stationary stochastic multi-echelon inventory problem and near-myopic policies. *European Journal of Operational Research* 134, 525–539.
- [11] Goyal, S.K., 1976, An integrated inventory model for a single supplier–single customer problem. *International Journal of Production Research*, 107–111.
- [12] Cohen, M.A., Lee, H.L., 1988. Strategic analysis of integrated production-distribution system: Model and methods, *Operations Research* 36, 216–228.
- [13] Ganeshan, R., 1999, Managing supply chain inventories: A multiple retailer, one warehouse, multiple supplier model, *International Journal of Production Economics* 59, 341–354.
- [14] Yang, P.C., Wee, H.M., 2000. Economic order policy of deteriorated item for vendor and buyer: An integrated approach. *Production Planning and Control* 11, 474–480.
- [15] Hsin Rau, Mei-Ying Wu, Hui-Ming Wee, 2003, Integrated inventory model for deteriorating items under a multi-echelon supply chain environment, *Int. J. Production Economics* 86, 155–168.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

توجه: بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL
پروپوزال

توجه: پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

ISI
Scopus

توجه: آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو