

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - گرایش صنایع

بهینه سازی مدل موجودی - تولید برای اقلام زوال پذیر با تقاضای

چند بازاری و

وابسته به زمان

نگارش

منصوره هاشم پور

استاد راهنما

دکتر مهدی سجادی فر

اسفند ماه 1390

تقدیم به

پدر و مادر بزرگوارم

که سایه‌ی محبتشان فضایی است مملو از امنیت و آرامش

و همسر محبوبم

که وجود نازنینش دریایی است سرشار از لطف و صداقت

تشکر و قدردانی

وظیفه خود می‌دانم سپاسگزار تمام آنهایی باشم که در این دوره‌ی ارزشمند بودنشان و امیدشان راهگشای من بود؛ خانواده و همسر عزیزم که همانند تمام روزهای گذشته با صبر و حوصله در کنارم بودند.

اساتید عزیز و گرانقدر دانشکده مهندسی صنایع، بخصوص جناب آقای دکتر سجادی فر که با تلاش‌های بی‌شائبه خود نه تنها در انجام این پایان‌نامه بلکه در تمام دوره تحصیل مرا یاری نمودند و به هنگام نیاز برای حل مشکلات اینجانب از هیچ کمکی دریغ نوزیدند. برای ایشان آرزوی سلامتی، موفقیت و سر بلندی دارم.

چکیده

وجود بازارهای متفاوت در شرایط فصلی مختلف در سراسر جهان می‌تواند موقعیت‌های سودآوری را برای تولید کننده فراهم کند. از اینرو تولید کننده می‌تواند کالای خود را در بازاری که آن کالا به تازگی در حال مد شدن است، به فروش برساند. به تبع از آن در نظر گرفتن تقاضا به صورت تابعی از زمان مدل را به واقعیت نزدیکتر خواهد کرد. چرا که این امر سبب می‌شود که تعداد دفعات تحویل سفارش و مقدار سفارش برای دستیابی به مینیمم هزینه تغییر کند.

از اینرو در این تحقیق، به بررسی موجودی زوال پذیر تک قلمی در چندین بازار با فصول فروش متفاوت پرداخته شد در حالی که تقاضا وابسته به زمان در نظر گرفته می‌شود. سیستم موجودی به صورت تک مرحله‌ای است، بدین شکل که مواد خام به میزان معین سفارش داده می‌شود و تولید کننده به تولید کالای نهایی می‌پردازد. از طرفی زمان سفارش تا تحویل مواد خام برای ساده سازی مدل به صورت صفر در نظر گرفته شد. بنابراین تولید کننده با داشتن نقطه‌ی توقف تولید بهین برای سفارش مواد خام مورد نیاز خود برنامه ریزی خواهد کرد. برای به دست آوردن تعداد بهین دفعات تحویل سفارش از مدل یکپارچه‌ی هزینه‌های تولید و هزینه‌های مواد خام استفاده گردید. همچنین نرخ زوال ثابت، اما متفاوتی برای محصول نهایی و مواد خام استفاده شد تا از واقعیت‌های موجود در دنیای اطراف بیشتر استفاده گردد. برای توسعه‌ی بیشتر مدل در حالی که تقاضا را در هر بازار ثابت فرض کردیم، فرض جایز بودن کمبود را نیز به مدل اضافه کردیم.

واژه‌های کلیدی: تقاضای چند بازاری - تقاضا وابسته به زمان - اقلام زوال پذیر - کنترل

موجودی - بهینه سازی - کمبود

فهرست مطالب

1	فصل اول: مقدمه و کلیات
2	1-1- مقدمه.....
2	2-1- کلیات و تعاریف.....
2	1-2-1- مدیریت زنجیره‌ی تأمین.....
3	2-2-1- تقاضا.....
4	3-2-1- زمان تدارک.....
4	4-2-1- مدل مقدار سفارش اقتصادی کلاسیک.....
4	5-2-1- هزینه‌ها.....
5	6-2-1- کمبود.....
5	7-2-1- سیاست‌های موجودی.....
7	فصل دوم: مروری بر منابع
8	1-2- مقدمه.....
9	2-2- مروری بر ادبیات موضوع.....
9	1-2-2- مدل پایه‌ی EOQ با نرخ زوال ثابت.....
11	2-2-2- مدل‌های نرخ تولید محدود با زوال.....
12	3-2-2- طبقه‌بندی مدل‌های موجودی زوال‌پذیر.....
15	4-2-2- مدل‌های موجودی برای محصولات با عمر ثابت.....
17	5-2-2- مدل‌های موجودی برای محصولات با عمر احتمالی.....
18	6-2-2- تقاضای ثابت.....
19	7-2-2- تقاضای پلکانی.....
20	8-2-2- تقاضای پویا.....
21	9-2-2- تقاضای وابسته به موجودی.....
23	10-2-2- تقاضای وابسته به قیمت.....
24	11-2-2- تقاضای احتمالی.....
24	12-2-2- تقاضای چند بازاری.....

- 25 مدل‌های موجودی با تأخیر جایز در پرداخت -13-2-2
- 30 موجودی اقلام زوال پذیر تحت افزایش قیمت معلوم -14-2-2
- 31 تخفیف قیمت روی سیستم موجودی زوال پذیر -15-2-2
- 33 موجودی زوال پذیر تحت تورم و ارزش زمانی پول -16-2-2
- 35 موجودی زوال پذیر با دو انبار کالا -17-2-2
- 37 چند قلم زوال پذیر -18-2-2
- 38 مدل‌های موجودی یکپارچه -19-2-2
- 41 نتیجه‌گیری -3-2

42 فصل سوم: روش تحقیق

- 43 1-3- مقدمه -1-3
- 44 2-3- تشریح کامل روش تحقیق -2-3
- 44 1-2-3- تجزیه‌ی نمایی -1-2-3
- 46 2-2-3- کاهش موجودی با تقاضا و تجزیه -2-2-3
- 48 3-3- مدل سازی ریاضی -3-3
- 48 1-3-3- حالت A: مدل موجودی - تولید برای اقلام زوال پذیر با تقاضای چند بازاری و وابسته به زمان -1-3-3
- 49 1-3-3- 1- مدل موجودی کالای نهایی تولید کننده -1-3-3
- 54 2-1-3-3- مدل موجودی مواد خام تولید کننده -2-1-3-3
- 55 3-1-3-3- مدل موجودی یکپارچه و حل آن -3-1-3-3
- 56 2-3-3- حالت B: مدل موجودی - تولید با تقاضای چند بازاری و ثابت با در نظر گرفتن کمبود و نرخ تولید مجدد نامحدود -2-3-3
- 58 1-3-3-3- 1- مدل موجودی کالای نهایی تولید کننده -1-3-3-3
- 62 2-2-3-3- مدل موجودی مواد خام تولید کننده -2-2-3-3
- 63 3-2-3-3- مدل موجودی یکپارچه و حل آن -3-2-3-3
- 64 3-3-3- حالت C: مدل موجودی - تولید با تقاضای چند بازاری و وابسته به قیمت فروش با در نظر گرفتن کمبود و نرخ تولید مجدد نامحدود -3-3-3
- 64 4-3-3- حالت D: مدل موجودی - تولید با تقاضای چند بازاری و ثابت با در نظر گرفتن کمبود و نرخ تولید مجدد محدود -4-3-3
- 65 1-4-3-3- 1- مدل سازی کالای نهایی -1-4-3-3
- 68 2-4-3-3- 2- مدل سازی مواد خام -2-4-3-3
- 69 3-4-3-3- 3- مدل موجودی یکپارچه و حل آن -3-4-3-3

43	فصل چهارم: آنالیز عددی
72	1-4-1- محتوا
74	2-1-4- مثال عددی حالت B
75	3-1-4- مثال عددی حالت C
75	4-1-4- مثال عددی حالت D
77	2-7- آنالیز حساسیت
77	1-2-4- آنالیز حساسیت حالت A
77	2-2-4- آنالیز حساسیت حالت B
79	2-2-4- آنالیز حساسیت حالت C
80	3-2-4- آنالیز حساسیت حالت D

72	فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادها
82	1-5- جمع بندی
82	2-5- تحقیقات آتی

83	مراجع
92	پیوست
93	پیوست الف

فهرست جداول

- جدول 1-2- مقایسه‌ی مقالات نسبت به فرضیات معمول.....14
- جدول 2-2- مقایسه‌ی مقالات نسبت به طبقه بندی موجودی زوال پذیر38
- جدول 1-3- مثالی از تجزیه‌ی موجودی با نرخ تجزیه‌ی 10%.....44
- جدول 1-4- مقادیر بهینه (حالت B).....75
- جدول 2-4- مقادیر بهینه (حالت D).....76
- جدول 3-4- مقادیر بهینه (مدل (He et al (2010)76
- جدول 4-4- تأثیر تغییرات در پارامترهای مدل (حالت A).....77
- جدول 5-4- تأثیر تغییرات در پارامترهای مدل (حالت B).....79
- جدول 6-4- تأثیر تغییرات در پارامترهای مدل (حالت D).....80

فهرست اشکال

- شکل 2-1- طبقه بندی موجودی زوال پذیر..... 12
- شکل 2-2- فرضیات معمول در مدل های موجودی..... 13
- شکل 2-3- تابعی از نرخ تقاضای نوع دوزنقه ای..... 20
- شکل 2-4- مقایسه ای بین انواع تقاضا در مدل های موجودی زوال پذیر..... 25
- شکل 3-1- سطح موجودی با تجزیه ی نمایی..... 45
- شکل 3-2- انحراف موجودی تحت تأثیرات ترکیبی مصرف تقاضا و تجزیه..... 46
- شکل 3-3- سطح موجودی مواد خام نسبت به زمان (حالت A)..... 54
- شکل 3-4- سطح موجودی نهایی نسبت به زمان (حالت B)..... 57
- شکل 3-5- سطح موجودی مواد خام نسبت به زمان (حالت B)..... 62
- شکل 3-6- سطح نهایی موجودی نسبت به زمان (حالت D)..... 65
- شکل 3-7- سطح موجودی مواد خام نسبت به زمان (حالت D)..... 68
- شکل 4-1- نمایش تحدد تابع TC نسبت به n_r (حالت A)..... 74
- شکل 4-2- روند تغییرات هزینه ی تولید نسبت به زمان مواجه با کمبود (حالت B)..... 74
- شکل 4-3- روند تغییرات هزینه ی تولید نسبت به زمان مواجه با کمبود (حالت D)..... 76

فصل اول

مقدمه و کلیات

1-1- مقدمه

یکی از جریان های مهم در زنجیره تأمین جریان فیزیکی مواد (موجودی ها) است که حجم عظیم سرمایه درگیر را به خود اختصاص می دهد. کالاهای زیادی مانند میوه ها، سبزیجات، گوشت، مواد غذایی، ادکلن، الکل، بنزین، مواد رادیواکتیو، فیلم های عکاسی و بسیاری دیگر از کالاها موجود است که با گذشت زمان از نظر کیفی یا کمی دچار زوال می شوند. در صورتی که نرخ زوال این گونه اقلام ناچیز باشد، می توان از آن صرف نظر کرد. اما در بسیاری از این کالاها این نرخ قابل چشم پوشی نیست. از این رو باید مدت زایل شدن این گونه کالاها در مدل های مربوط به آن لحاظ شود. در این فصل به بیان برخی از واژگان تعریف شده در مدل های موجودی برای ذکر مسئله ی مورد نظر در این پایان نامه پرداخته می شود.

2-1- کلیات و تعاریف

1-2-1- مدیریت زنجیره ی تأمین

عبارتست از فرآیند برنامه ریزی، اجرا و کنترل عملیات مرتبط با زنجیره تأمین در بهینه ترین حالت ممکن. مدیریت زنجیره تأمین دربرگیرنده تمامی جابجایی ها و ذخیره مواد اولیه، موجودی در حین کار و محصول تمام شده از نقطه شروع اولیه تا نقطه پایان مصرف می باشد. پنج جزء اصلی مدیریت زنجیره تأمین عبارتند از:

1- برنامه: برنامه بخش استراتژیک مدیریت زنجیره تأمین است. شما برای مدیریت همه منابعی که برای برآورده ساختن تقاضای مشتری به کار می روند به استراتژی نیاز دارید. توسعه مجموعه متریک ها برای نظارت بر کارایی، کاهش هزینه و تحویل با کیفیت بالای زنجیره تأمین، بخش اعظمی از برنامه ریزی را تشکیل می دهد.

2- منبع: انتخاب تأمین کنندگانی که کالاها و خدمات مورد نیاز شما را برای ساخت محصول یا خدمت تحویل خواهند داد. فرآیندهای قیمت گذاری، تحویل و پرداخت را توسعه دهید و متریک هایی را برای نظارت و بهبود روابط با تأمین کنندگان بسازید و این فرآیندها را در مدیریت موجودی کالاها و خدمات دریافتی از تأمین کنندگان نظیر دریافت محموله‌ها و شناسایی آنان به کارگیرید.

3- ساخت: در این گام فعالیت های مورد نیاز برای تولید، آزمایش، بسته بندی و آماده سازی برای تحویل صورت می گیرد.

4- تحویل: بخشی که به لجستیک نیز معروف است. هماهنگی دریافت سفارشات مشتریان، توسعه شبکه‌ای از انبارها و راه اندازی سیستم صورتحساب برای پرداخت‌ها، این بخش را تشکیل می دهند.

5- بازگشت: بخش مشکل آفرین زنجیره تأمین. ساخت شبکه‌ای برای دریافت نواقص و محصولات برگشتی از مشتریان و پشتیبانی از مشتریانی که با محصول تحویلی مشکل داشتند.

1-2-2- تقاضا

به میزان واحد کالای در خواستی از جانب مشتری تقاضا گفته می شود که میزان آن یا ثابت و قطعی است و یا احتمالی. در حالات احتمالی یا از توزیع‌های شناخته شده پیروی می کند مانند توزیع های پواسون، نرمال و یا از توزیع های کلی.

1-2-3- زمان تدارک

مدت زمان بین دادن سفارش تا تحویل آن به مشتری زمان تدارک نامیده می‌شود که این بازه زمانی یا ثابت و قطعی است و یا احتمالی. در حالات احتمالی یا از توزیع‌های شناخته شده پیروی می‌کند مانند توزیع‌های نمایی، نرمال و یا از توزیع‌های کلی.

1-2-4- مدل مقدار سفارش اقتصادی¹ کلاسیک

مدل «مقدار سفارش اقتصادی» در ساده‌ترین شکل خود اولین بار در سال 1915 توسط هاریس ابداع شد. این مدل بر مفروضات زیر استوار است:

1- پیش بینی مصرف به صورت یک عدد قطعی و برای مدت زمانی معلوم (معمولاً یکسال) صورت می‌پذیرد.

2- سفارشات بلافاصله پس از مصرف کالا انجام گرفته و موجودی انبار به صورت آنی تکمیل می‌گردد.

3- مصرف (تقاضا) در تمام مدت زمانی تعیین شده ثابت است.

4- هزینه هر بار سفارش، قیمت هر واحد کالا و هزینه نگهداری ثابت است.

5- زمان تأخیر ثابت و مشخص است.

1-2-5- هزینه‌ها

در ارتباط با موجودیها چهار نوع هزینه اصلی وجود دارد: هزینه سفارش، هزینه نگهداری، هزینه خرید و هزینه کمبود، که با توجه به مجاز نبودن کمبود در مدل کلاسیک سه هزینه اول مورد بررسی قرار داده می‌شود.

¹ Economic Order Quantity (EOQ)

هزینه نگهداری: هزینه نگهداری مربوط به نگهداری کالا در انبار است. این هزینه معمولاً در بر گیرنده هزینه بهره سرمایه راکد، بیمه، مالیات، فرسودگی، گم شدن کالا و هزینه های انبار از قبیل گرمایش و سرمایش، روشنایی، اجاره و امنیت می گردد.

هزینه سفارش: هزینه سفارش شامل هزینه های سفارش دهی و دریافت سفارش می باشد. این هزینه ها معمولاً شامل هزینه های ارتباطات مورد نیاز با تأمین کنندگان، هزینه های بازرسی کمی و کیفی کالاهای رسیده و هزینه انتقال کالا به مکان مورد نظر در انبار می گردد.

هزینه خرید: این هزینه نیز عبارت است از هزینه خرید اقلام مورد نیاز در طول دوره برنامه ریزی.

1-2-6- کمبود

در مدل های موجودی دو نوع کمبود در نظر گرفته می شود.

کمبود به صورت پس افت: در صورتی که تولید کننده نتواند تقاضای مشتریان را پاسخ دهد و از مشتریان بخواهد که تقاضای آن ها را در طی زمانی در آینده تحویل دهد، کمبود به صورت پس افت اتفاق می افتد.

کمبود به صورت فروش از دست رفته: در صورتی که تولید کننده نتواند تقاضای مشتریان را پاسخ گو باشد کمبود آن به صورت فروش از دست رفته خواهد بود.

1-2-7- سیاست های موجودی

به طور کلی در سیاست های موجودی دو رویکرد وجود دارد.

1. میزان تقاضا و نرخ آن ثابت است که این موضوع دو خصوصیت مطلوب دارد:

- سفارشات دارای اندازه یکسانی هستند.

- در بازه های زمانی یکسانی سفارش داده می شود.

2. تقاضا احتمالی می باشد که یکی از این دو حالت پیش می آید:

- سفارشات در بازه های زمانی یکسان اما با مقادیر متغیر انجام می شود.
- سفارشات با مقادیر ثابت اما در بازه های زمانی متفاوت صورت می پذیرد.

این دو موضوع باعث به وجود آمدن سیاست های مختلف موجودی می شوند. برای مثال سیستم (S,s) ، سیستم سطح سفارش - سفارش تا حد تعیین شده می باشد. در این سیستم بررسی وضعیت موجودی به طور دائم انجام شده و سفارش دهی وقتی که سطح موجودی به نقطه ای از قبل تعیین شده برسد، انجام می گردد. در اینجا مقدار سفارش ثابت نیست، بلکه متغیر بوده و به قدری است که موجودی خالص را به حد تعیین شده S برساند. این سیستم را اغلب سیستم حداقل - حداکثر یا Max-Min می نامند، زیرا وضعیت موجودی به استثنای زمان های کوتاهی که پائین تر از S خواهد آمد همیشه بین حداقل s و حداکثر S خواهد بود.

فصل دوم

مروری بر منابع

2-1- مقدمه

اغلب مدل‌های موجودی بررسی شده فرض می‌کنند که اقلام می‌توانند به میزان نامحدودی ذخیره شوند تا بتوانند تقاضاهای آتی را تأمین کنند. در حالی که، انواع بخصوصی از کالاها با گذشت زمان رو به زوال می‌نهند یا منسوخ می‌شوند و بنابراین ناپایدار هستند. برای مثال، معمولاً کالاهای مورد استفاده‌ای نظیر میوه‌ها، سبزیجات، گوشت، مواد غذایی، عطریات، الکل، بنزین، نمونه‌های رادیواکتیو، فیلم‌های عکاسی، قطعات الکترونیکی و ... که زوال معمولاً در طول دوره‌ی انبارش نرمال مشاهده شده است. بنابراین اگر نرخ زوال به قدر کافی پایین نباشد، نمی‌توان تأثیرش را روی مدل‌سازی چنین سیستم‌های موجودی، نادیده گرفت.

بر اساس نظر Goyal و Giri در سال 2001 کالاهای انباشته شده می‌توانند به طور کلی بر پایه‌ی سه خصیصه‌ی بزرگ طبقه‌بندی شوند.

(1) منسوخ شده¹

(2) رو به زوال گذاشته²

(3) منسوخ نشده/ رو به زوال نگذاشته³

منسوخ شده به اقلامی اشاره می‌کند که با گذشت زمان به خاطر تغییرات سریع تکنولوژی یا تولید یک محصول جدید توسط رقیب، ارزش خودشان را از دست می‌دهند. کالاهای مد باید شدیداً از نظر قیمت کاهش پیدا کنند وگرنه با آمدن فصلی که در پیش روست از رده خارج می‌شوند. مثلاً بخش‌های زاپاس هواپیماهای نظامی کالاهای مد هستند و هنگامی که یک مدل جایگزین معرفی شود متروک می‌شوند.

¹ Obsolescence

² Deterioration

³ No obsolescence/deterioration

رو به زوال گذاشته به آسیب دیدن، ضایعات، خشکی، تبخیر و ... از محصولات اشاره می‌کند. محصولاتی شبیه خواربار، سبزیجات سبز، خون انسان، فیلم عکاسی و ... که ماکزیمم زمان عمر مفید دارند به عنوان محصولات فاسد شدنی¹ و محصولاتی نظیر الکل، بنزین، نمونه‌های رادیواکتیو و ... که زمان مجاز نگهداری کالا را اصلاً ندارند به عنوان محصولات تجزیه شدنی² شناخته می‌شوند. مدل‌های تجزیه با موجودی سروکار دارند که به طور پیوسته و متناسب با زمان کاهش می‌یابند.

همچنین زمان مجاز نگهداری بعضی کالاها می‌تواند نامحدود باشد و از این رو به آن‌ها منسوخ نشدنی / خراب نشدنی گفته می‌شود.

در ادامه مروری بر ادبیات موضوع در رابطه با انواع مسائل موجودی برای اقلام زوال پذیر مطرح خواهد شد تا اهمیت بررسی سیستم‌های موجودی برای اقلام زوال پذیر با تقاضای چند بازاری و وابسته به زمان و همچنین جایگاه آن مشخص گردد.

2-2- مروری بر ادبیات موضوع

تحقیقات در حوزه اقلام رو به زوال گذاشته با کار Whitin در سال 1957 آغاز گردید که کالاهای مد رو به زوال گذاشته را در انتهای دوره‌ی انبارش تعیین شده، بررسی می‌کرد.

2-2-1- مدل پایه‌ی EOQ با نرخ زوال ثابت

Schrader و Ghare در سال 1963 مشاهده کردند که بعضی کالاها با گذشت زمان به نسبتی که می‌تواند توسط یک تابع نمایی منفی از زمان تخمین زده شود، کاهش می‌یابند. این مشاهدات منجر به مدل‌سازی اقلام موجودی با فرآیند تجزیه از طریق معادله‌ی زیر شد.

$$\frac{dI(t)}{dt} = -qI(t) - d$$

که q نرخ تجزیه‌ی ثابت، $I(t)$ سطح موجودی در زمان t ، و d نرخ تقاضای ثابت در زمان t می‌باشد.

¹ Perishable products

² Decaying products