****

**دانشگاه پیام نور عسلویه**

**دانشکده مهندسی صنایع**

**ارائه مدل جهت بهینه سازی سطح موجودی برای قطعات یدکی خودروهای نظامی با استفاده از توزیع احتمال ترکیبی**

**پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد**

**مهندسی صنایع گرایش بهینه سازی سیستم ها**

**نگارنده:مجتبی امیدوار**

**استاد راهنما:**

**دکتر مجتبی صالحی**

**سال99**

# H:\besm_937\besm\045.jpg

**تقدیم و تشکر**

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید. این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و امتنان تقدیم می نمایم به:

- روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

- مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

- همسرم، به پاس قدر دانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش و آسایش برای من فراهم آورده است.

-با تشکر و سپاس فراوان از استاد پرمایه ام جناب آقای دکتر صالحی که با یاریها و راهنماییهای بی چشمداشت ایشان بسیاری از سختیها برایم آسانتر گردید.

چکیده

تعیین سطح بهینه موجودی به سبب اهمیت درسالیان اخیر توجه بسیاری از محققان را معطوف خود داشته است . معمولا در مسائل کنترل موجودی از توزیع های احتمالی جهت بهینه سازی سطح موجودی استفاده می کنند که در بسیار از تحقیقات کمبود استفاده از توزیع احتمال توام یا ترکیبی کاملا به چشم می خورد. در تحقیق حاضر با استفاده از مطالعات کتابخانه ای مدلی برای توزیع احتمال ترکیبی ارائه گردید. لذا در این تحقیق تلاش شد این شکاف تحقیقاتی با استفاده از مطالعات کتابخانه ای رفع گردد. مدل ارائه شده شامل ترکیبی از توزیع های پواسون و نمایی می شد. با استفاده از توزیع پواسون زمان خدمت رسانی و در توزیع نمایی فاصله بین دو سفارش در نظر گرفته شد. بر این اساس مدلی طراحی گردید که قادر به بهینه سازی میزان سفارش بر اساس هزینه می شد. به این ترتیب که در تکرارهای متعدد با تغییرات پارامتری در صورت پائین بودن هزینه ، میزان اقتصادی سفارش تعیین می شد. فرایند مورد نظر در فصول سوم طراحی و در فصل چهارم حل شد. ضمن اینکه تحلیل حساسیت پارامتری هم روی پارامترهای تعیین شده از سوی محقق انجام پذیرفت.یافته ها نشانگر نقطه بهینه سفارش بود که در این نقطه هزینه سفارش به حداقل میزان خود می رسد.

کلیدواژگان: بهینه سازی موجودی،قطعات یدکی خودرو نظامی،تقاضا

فهرست مطالب

[‍ 9](#_Toc50098321)

[1-1 مقدمه 9](#_Toc50098322)

[1-2 بیان مسئله 10](#_Toc50098323)

[1-3 ضرورت انجام تحقیق 12](#_Toc50098324)

[1-4 کاربردهای تحقیق 12](#_Toc50098325)

[1-5 اهداف تحقیق 13](#_Toc50098326)

[1-5-1 هدف اصلی: 13](#_Toc50098327)

[1-5-2 اهداف فرعی: 13](#_Toc50098328)

[1-6 سوالات تحقیق 13](#_Toc50098329)

[1-6-1سوال اصلی: 13](#_Toc50098330)

[1-6-2سوالات فرعی: 13](#_Toc50098331)

[1-7 مفروضات تحقیق 14](#_Toc50098332)

[1-8 نوآوری تحقیق 14](#_Toc50098333)

[1-9 روش تحقیق 15](#_Toc50098334)

[1-10 روش و ابزار جمع اوری اطلاعات 15](#_Toc50098335)

[1-11 روش تجزیه و تحلیل اطلاعات 15](#_Toc50098336)

[1-12 ساختار پایان نامه 16](#_Toc50098337)

[فصل دوم:مبانی نظری و پیشینه تحقیق 17](#_Toc50098338)

[2-1 مقدمه 17](#_Toc50098339)

[2-2 موجودی؛ تعاریف و مفاهیم 17](#_Toc50098340)

[2-2-1 موجودی ایمن 19](#_Toc50098341)

[2-2-2 موجودی چرخشی 19](#_Toc50098342)

[2-2-3 موجودی انفصالی 19](#_Toc50098343)

[2-2-4 موجودی مورد انتظار 20](#_Toc50098344)

[2-2-5 مدیریت موجودی ایمن 20](#_Toc50098345)

[2-2-6 هزینه موجودی 20](#_Toc50098346)

[2-2-6-1 سرمایه درگردش 21](#_Toc50098347)

[2-2-6-2 کهنگی 21](#_Toc50098348)

[2-2-6-3 هزینه سفارش 21](#_Toc50098349)

[2-2-6-4 هزینه های عملیاتی 21](#_Toc50098350)

[2-2-6-5 هزینه خالی شدن انبار 22](#_Toc50098351)

[2-3 مدیریت موجودی قطعات یدکی 22](#_Toc50098352)

[2-3-2 روشهای مدیریت موجودی مناسب قطعات یدکی 23](#_Toc50098353)

[2-3-3 روشهای بهینه سازی موجودی قطعات یدکی 24](#_Toc50098354)

[2-3-3-1 روش تعیین تقاضا در سطح 50 درصد تقاضا در طی دوره اکتساب 24](#_Toc50098355)

[2-3-3-2 روش مبتنی بر ضریب ترکیب 25](#_Toc50098356)

[2-3-3-3 روش تعیین ذخیره ایمنی به وسیله انحراف استاندارد از میزان نیاز و طول دوره اکتساب و میانگین نیاز 26](#_Toc50098357)

[2-3-3-4 روش تعیین ذخیره ایمنی به وسیله انحراف استاندارد از اندازه نیاز و طول دوره خرید و میانگین اندازه نیاز و دوره تحویل 26](#_Toc50098358)

[2-3-3-5 روش تعیین ذخیره ایمنی به وسیله انحراف استاندارد از اندازه نیاز در طی دوره خرید؛ محاسبه ساده برای تقاضای تصادفی 27](#_Toc50098359)

[2-3-4 استراتژیهای مدیریت و خط مشی های مدیریت موجودی 27](#_Toc50098360)

[2-3-5 سطوح موجودی هدف و سیاستهای سفارش 28](#_Toc50098361)

[2-3-6 کنترل موجودی زمان گسسته 28](#_Toc50098362)

[2-3-7 کنترل موجودی زمان پیوسته 29](#_Toc50098363)

[2-4 پیشینه تحقیقات 30](#_Toc50098364)

[فصل سوم: روش تحقیق و مدلسازی 40](#_Toc50098365)

[3-1 مقدمه 40](#_Toc50098366)

[3-2 مدل ریاضی 41](#_Toc50098367)

[3-2-1 مدل موجودی پایه 41](#_Toc50098368)

[3-2-2 مدل 2 خدمت پایه 42](#_Toc50098369)

[3-2-3 محاسبه احتمالات حالت پایا 42](#_Toc50098370)

[3-2-4 محاسبه سنجه های عملکرد 45](#_Toc50098371)

[3-2-5 بهینه سازی تابع هزینه 47](#_Toc50098372)

[3-2-6 اندازه بهینه هر بار سفارش 50](#_Toc50098373)

[3-3 روش حل 51](#_Toc50098374)

[فصل چهارم:تجزیه و تحلیل 53](#_Toc50098375)

[4-1 مقدمه 53](#_Toc50098376)

[4-2 تجزیه و تحلیل مدل 53](#_Toc50098377)

[4-3 یافته ها و بحث 60](#_Toc50098378)

[4-4 تحلیل حساسیت 61](#_Toc50098379)

[4-5 جمع بندی 66](#_Toc50098380)

[فصل پنجم:نتیجه گیری 68](#_Toc50098381)

[5-1 مقدمه 68](#_Toc50098382)

[5-2 روش انجام کار 68](#_Toc50098383)

[5-3 تبیین نتایج 69](#_Toc50098384)

[5-4 پیشنهادات 70](#_Toc50098385)

[منابع 72](#_Toc50098386)

# ‍

|  |
| --- |
|  |

## 1-1 مقدمه

از دهه 1980، اﻓﺰاﯾﺶ روزاﻓﺰون رﻗﺎﺑﺖ در ﮐﺎرآﯾﯽ ﻫﺰﯾﻨـﻪ و ﭘﺎﺳـﺨﮕﻮﯾﯽ ﺑـﻪ ﻣﺸـﺘﺮﯾﺎن، ﺳـﺎزﻣﺎن ﻫـﺎ را به ﺳﻮي اﺳﺘﺮاﺗﮋي ﻫﺎ و ﺗﮑﻨﻮﻟﻮژيﻫﺎي ﺟﺪﯾﺪ ﺑﺮاي دﺳﺖ ﯾﺎﺑﯽ ﺑﻪ ﻣﺰﯾﺖ رﻗﺎﺑﺘﯽ و ﺛﺒﺎت آن ﺳـﻮق داده اﺳـﺖ. در ﺣﺎﻟﯽ ﮐﻪ ﻓﻠﺴﻔﻪ اﺑﺘﮑﺎري و ﮐﺎرآيی ﻣﺪﯾﺮﯾﺖ زﻧﺠﯿﺮه ﺗﺎﻣﯿﻦ اﻓﺮاد آﮐﺎدﻣﯿﮏ و ﻣﺸﻐﻮل در اﯾﻦ ﺣـﻮزه را ﺑـﻪ ﺧـﻮد ﺟﺬب ﮐﺮده اﺳﺖ .در ﻃﻮل ﺳﺎﻟﻬﺎي ﺗﺤﻮل ﻣﺪﯾﺮﯾﺖ زﻧﺠﯿﺮه ﺗﺎﻣﯿﻦ ادﺑﯿﺎت زﯾﺎدي از ﻣـﺪل ﻫـﺎ و ﺗﺌـﻮري ﻫـﺎ را ﺑﯿﺎن ﮐﺮده اﻧﺪ ﮐﻪ اﯾﻦ ﻣﺠﻤﻮﻋﻪ از ادﺑﯿﺎت ﺑﺎﻋﺚ اﯾﺠـﺎد اﯾـﺪه ﻫـﺎي ﭘﯿﻮﺳـﺘﻪ اي ﺑـﺮاي ﺑﻬﯿﻨـﻪ ﮐـﺮدن و ﺑﻬﺒـﻮد ﻃﺮاﺣﯽ و ﻣﺪل ﮐﺮدن و ﻫﻤﭽﻨﯿﻦ ﭘﯿﺎده ﺳﺎزي و ﻧﮕﻬـﺪاري و ...ﺷـﺪه اﺳـﺖ.

زﻧﺠﯿﺮه ﺗﺎﻣﯿﻦ ﻣﻮﺟﻮدﯾﺘﯽ ﭘﻮﯾﺎ ﺑﻮده ﮐﻪ ﺟﺮﯾﺎن ﻫﺎي اﻃﻼﻋﺎت ﻣﺤﺼﻮﻻت و ﭘﻮل را در درون ﺧـﻮد دارد. واژه زﻧﺠﯿﺮه ﺗﺎﻣﯿﻦ ﺑﯿﺎﻧﮕﺮ ﺟﺮﯾﺎﻧﯽ از ﻣﻮاد و ﻣﺤﺼـﻮﻻت، اﻃﻼﻋـﺎت و ﭘـﻮل ﻣـﯽ ﺑﺎﺷـﺪ ﮐـﻪ از ﻣﺸـﺘﺮﯾﺎن ﺑـﻪ ﺧـﺮده ﻓﺮوﺷﺎن ﺳﭙﺲ ﺑﻪ ﺗﻮزﯾﻊ ﮐﻨﻨﺪﮔﺎن /ﻋﻤﺪه ﻓﺮوﺷﺎن ﺳﭙﺲ ﺑﻪ ﺗﻮﻟﯿﺪ ﮐﻨﻨﺪه ﻣﺤﺼﻮل ﻧﻬﺎﯾﯽ و ﺳـﭙﺲ ﺑـﻪ ﺗـﺎﻣﯿﻦ ﮐﻨﻨﺪﮔﺎن و ﺑﺮ ﻋﮑﺲ ﺟﺮﯾﺎن دارد. یک زنجیره تامین یک راه کار یکپارچه برای اقدام به برنامه ریزی و کنترل جریان مواد از تامین کنندگان تا مصرف کنندگان نهایی است(اسدی،1389)

در تعریفی دیگر زنجیره تامین شبکه ای از گره ها(شرکت های سازنده) ای است که برای پاسخگویی به تقاضای مشتریان همکاری میکنند و این شرکت های سازنده در بخش های مختلف سازماندهی میشوند. در این شبکه، موقعیت هر شرکت سازنده یا همان گره، مربوط به موقعیت نسبی آن در واقعیت است. این گره ها از طریق روابط عرضه - تقاضا به یکدیگر متصل میشوند. این گره ها تقاضاهای خارجی که سفارشاتی را به لایه های پایینی زنجیره تأمین می دهند را توسط عرضه خارجی که به سفارشات لایه های بالایی پاسخ می دهند، تامین می کنند(طلایی زاده و دهکردی،2017).

## 1-2 بیان مسئله

از آنجاکه زنجیره های تأمین ممكن است پیچیده، طولانی و شامل تعداد زیادی شرکای تجاری مختلف باشند، بروز مشكلات و مسائل اجتناب ناپذیر است. تأخیر در حل این مشكلات، منجر به نارضایتی مشتریان و از دست دادن فروش شده و هزینه های بالایی را به سازمان ها تحمیل می کند. شرکت های در کلاس جهانی بسیاری از موفقیت های خود را به مدیریت زنجیره تأمین نسبت می دهند، از این رو در دهه های اخیر زنجیره تأمین به یكی از گفتمان های پرطرفدار مدیریتي بدل شده است. طراحی موفق و اجرای زنجیره تأمین به کاهش هزینه، بهبود انعطاف پذیری، افزایش کیفیت منجرشده و رضایت مشتریان را تضمین می کند(علوی کیا و همکاران،1397).

مشکل کنترل موجودی (به خصوص چند بخشی) در اوایل دهه 1950 توسط محققانی مانند ارو و همکاران مورد بررسی قرارگرفته است. چالش اصلی در این مسئله، کنترل سطوح موجودی با تعیین اندازه سفارشات برای هر بخش در طول هر دوره است تا بتواند تابع هدف ارائه شده را بهینه سازی کرد(.ژو،2013) تعیین مدلی کاربردی بهینه برای کنترل موجودی و زنجیره ی تأمین همواره یکی از چالش های مدیریت موجودی و تولید و تأمین بوده و در این عرصه تلاش های زیادی انجام و مدل های مختلفی ارائه شده است (مظفری،2018).

با توجه به نقش مهم تولید در رشد و توسعه اجتماعی و اقتصادی و صرف هزینه های زیاد برای سرمایه گذاری در این امر، استفاده از تکنیکها و راهکارهای عملی و موثر در کاهش خرابیها در جهت استفاده بهینه از تجهیزات و منابع موجود وکاهش هزینه های کلان در راستای هدر رفتن انرژی و تعمیرات و خرید مجدد تجهیزات کاملاً ضروری است. قطعات یدکی یکی از مهمترین حلقه ها در انجام بهینه نگهداری و تعمیرات و بازگردانیدن سریع تجهیزات به خط تولید میباشند .در یک مدیریت خوب قطعات یدکی، سیستم موجودی انبار به کاهش هزینه های نگهداری و تعمیرات، نیروی انسانی و مدت زمان از کارافتادگی تجهیزات منجر شده و در نهایت به افزایش بهره وری کمک خواهد نمود. لذا دانستن( پیش بینی) آنکه دقیقا چه قطعات یدکی و به چه میزانی برای تجهیزات مورد نیاز بوده و در چه زمانی لازم است در انبار شرکت موجود باشد یک امر تخصصی و ضروری میباشد(ترابی،1393).این قطعات جهت پشتیبانی ار کارکردهای تجهیزات مهم و حیاتی،مشخص و مدیریت می شوند. فقدان قطعات یدکی حیاتی و مهم در زمان تعمیرات برنامه ریزی شده یا برنامه ریزی نشده، ضربه بزرگی به شاخص اثربخشی کلی تجهیزات(OEE) خواهد زد. در نگهداشت موفق، قطعات یدکی در زمان و مکانی که ادامه ی عملکرد تجهیز به آن نیازمند است؛ در دسترس هستند(زواشکیانی و همکاران ،1394).

امروزه مدیریت موثر هزینه قطعات یدکی برای شرکت های تولیدی و خدماتی بسیار ضروری است. یکی از دشوارترین چالش ها در مدیریت موثر و کارآمد این قطعات، مدیریت و کنترل سطح موجودی آنها برای دستیابی به بهترین سطح خدمات به خصوص در صنعت نظامی است.

ﺗﺄﻣﯿﻦ اﻣﻨﯿﺖ داﺧﻠﯽ و دﻓﺎع از ﻣﻨﺎﺑﻊ ﻣﻠﯽ ﺑﻪ ﻋﻨﻮان اوﻟﯿﻦ و ﺿﺮوری ﺗﺮﯾﻦ ﻓﺎﮐﺘﻮر ﺗﺄﻣﯿﻦ رﻓـاه، آسایش، ﭘﯿﺸـﺮﻓﺖ و ﺗﻮﺳـﻌﻪ ﻫﻤـﻪ ﺟﺎﻧﺒـﻪ شناخته شده است، ﻫﺮ ﮔﻮﻧﻪ ﺿﻌﻒ و ﻧﺎرﺳﺎﯾﯽ در اﯾﻦ ﺑﺎب ﻣﯽ ﺗﻮاﻧﺪ ﺻﺪﻣﺎت و ﺧﺴﺎرات ﺟﺒﺮان ﻧﺎﭘﺬﯾﺮی را در راﺑﻄﻪ ﺑﺎ اﻣﻨﯿﺖ ﮐﺸﻮرداشته باشد، ﻟﺬا ﺗﻮاﻧﺎﯾﯽ و ﻗﺪرت ﺑﺎزدارﻧﺪﮔﯽ ﻧﻈﺎﻣﯽ و آﻣﺎدﮔﯽ ﺗﺠﻬﯿﺰات در ﻧﯿﺮوﻫﺎی ﻣﺴﻠﺢ ﺿﺎﻣﻦ ﺣﻔﻆ ﻧﻈﺎم و ﺗـﺄﻣﯿﻦ اﻣﻨﯿـﺖ و ﺳـﻼﻣﺖ ﮐﺸﻮر ﺧﻮاﻫﺪ ﺑﻮد(عابدینی،1395)

لجستیک و زنجیره تامین نظامی از جمله کارکردهای مهم در هر فعالیت و یا سازمان نظامی محسوب می‌شود. به طور کلی نارسایی‌های زنجیره تأمین در کسب و کار ممکن است منجر به سود از دست رفته، کاهش سهم بازار و یا در بدترین حالت ورشکستگی گردد، اما نقص در زنجیره تأمین نظامی ممکن است منجر به شکست در میدان جنگ و از بین رفتن نیروها و تعرض به امنیت ملی و میهنی شود.لذا با توجه به جدید بودن این موضوع در حوزه نظامی و همچنین اهمیت کارکرد درست خودرو های نظامی چه در زمان صلح و چه در میادین جنگی مطالعه حاضر به منظور ارایه مدل ریاضی جهت بهینه سازی سطح موجودی قطعات یدکی خودرو های نظامی با توجه به عدم اطمینان درتقاضا انجام شده است.

همچنین در این صنعت، سیاستهای سنتی برای کنترل موجودی قطعات یدکی به دلیل فقدان محاسبات دقیق هزینه هایی همچون هزینه سفارش، نگهداری و همچنین هزینه های کمبود و مازاد، روشهای مناسبی نمی باشند. علاوه بر این، برخی ویژگی ها در صنعت نظامی، مانند عدم دسترسی به برنامه سفر، میزان استفاده و همچنین موظف نبودن مشتریان به سفارش قطعات یدکی از یک شرکت بخصوص، میزان عدم قطعیت و غیر قابل پیش بینی بودن تقاضای این قطعات را افزایش می دهد. این دلایل نیاز به توسعه روش های خاص مدیریت / کنترل موجودی با دقت بیشتر برای خودروهای نظامی را فراهم می کند. با توجه به تقاضای کم قطعات برای خودروهای نظامی، می توان از توزیع ترکیبی با احتمال وقوع تقاضا بر اساس فرایند پواسون و اندازه تقاضای یکنواخت به جای اندازه واحد استفاده می کنیم که تاکنون در تحقیقات قبلی استفاده نشده است. علاوه بر مدیریت و کنترل مناسب سطوح موجودی، نقش مهم بهینه سازی سطح موجودی به عنوان یک روش عملی برای رسیدن به مدیریت موثر هزینه زمانی بیشتر تعیین می شود، که مشخص می شود هزینه های نگهداری قطعات کم اهمیت بخش قابل توجهی از کل هزینه سیستم موجودی است. همچنین یک مطالعه موردی با استفاده از داده های واقعی، برای تأیید توانایی مدل و روش ها انجام می شود.

## 1-3 ضرورت انجام تحقیق

تعیین مدلی کاربردی بهینه برای کنترل موجودی و زنجیره ی تأمین همواره یکی از چالش های مدیریت موجودی و تولید و تأمین بوده و در این عرصه تلاش های زیادی انجام و مدل های مختلفی ارائه شده است(5).

مطالعات بسیاری در خصوص حوزه اصلی این پژوهش یعنی زنجیره تأمین انجام گرفته است؛ بسیاری از مطالعات موجود که در این حوزه صورت گرفته مقالات کیفی بوده و به هیچ عنوان به مباحث کمی و مدل سازی زنجیره ورود نمی کنند. اگرچه این قبیل مطالعات در تبیین مباحث جدید و یا تعلیم و جمع بندی مفاهیم اصلی نقش بسزایی دارند، لیكن کاربردشان به موارد یادشده محدودشده و در حل مسائلی که در واقعیت بقا و رقابت زنجیره های تأمین را تحت تاثیر قرارمی دهد کمتر کاربرد دارند(3).

با توجه به اینکه تاکنون مطالعه ای بر روی سیستم انبارداری و نگهداری و خرید تجهیزات نظامی به خصوص لوازم یدکی خودرو های نظامی صورت نگرفته است و همچین با توجه به وضعیت کشور و قرار گرفتن در تحریم های جدید باعث کاهش دسترسی به بازار های جهانی شده است، مطالعه حاضر به با ارئه مدل ریاضی باعث بهینه سازی موجودی قطعات یدکی خودروهای نظامی شده است و به منظور اثبات کارآیی مدل به صورت موردی بر روی خودروهای نظامی موجود در تیپ 177 تربت حیدریه اجرا شد.

## 1-4 کاربردهای تحقیق

با توجه به تحریم های اقتصادی به ویژه در خصوص خرید قطعات یدکی خودروهای نظامی به جمهوری اسلامی ایران می طلبد سطح موجودی قطعات یدکی خودروهای نظامی با استفاده از مدل های ریاضی بهینه سازی گردد تا در هزینه های خرید و نگهداری صرفه جویی شود.

فرماندهان یگان های نظامی می توانند با به کارگیری نتایج این تحقیق ضمن بهینه سازی سطح موجودی قطعات یدکی خودروهای نظامی در هزینه های تامین و نگهداری قطعات یدکی نیز صرفه جویی کنند.همچنین با استفاده از نتایج این تحقیق می توانند باعث کاهش زمان لازم برای انجام تعمیرات گردند.

## 1-5 اهداف تحقیق

#### ***1-5-1 هدف اصلی***:

**ارایه مدلی جهت بهینه سازی سطح موجودی هدف برای قطعات یدکی خودروهای نظامی باتوزیع تقاضای نا مشخص**

#### ***1-5-2 اهداف فرعی***:

**1-بهینه سازی سطح موجودی انبار قطعات یدکی خودروهای خاص نظامی**

**2-بهینه سازی سطح موجودی انبار قطعات یدکی خودروهای باکاربرد مشترک(نظامی-عمومی)**

**3-بهینه سازی سطح موجودی قطعات یدکی خودروهای خاص نظامی**

**4- بهینه سازی سطح موجودی قطعات یدکی خودروهای باکاربرد مشترک(نظامی-غیرنظامی)**

## 1-6 سوالات تحقیق

#### 1-6-1 سوال اصلی

**چگونه می توان مدلی جهت بهینه سازی سطح موجودی هدف برای قطعات یدکی خودروهای نظامی باتوزیع تقا ضای نا مشخص ارائه نمود؟**

#### ***1-6-2سوالات فرعی***:

**1-بهینه سازی سطح موجودی انبار قطعات یدکی خودروهای خاص نظامی چگونه است؟**

**2-بهینه سازی سطح موجودی انبار قطعات یدکی خودروهای باکاربرد مشترک(نظامی-عمومی) چگونه است؟**

**3-بهینه سازی سطح موجودی قطعات یدکی خودروهای خاص نظامی چگونه است؟**

**4- بهینه سازی سطح موجودی قطعات یدکی خودروهای باکاربرد مشترک(نظامی-غیرنظامی) چگونه است؟**

## 1-7 مفروضات تحقیق

مفروضات تحقیق به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

1. توزیع قطعات یدکی به صورت گسسته می باشد
2. میانگین موجودی ، میانگین فروش از دست رفته در واحد زمان و میانگین تعداد سفارشات در واحد زمان و میانگین مجموع زمان انتظار مشتریان در سیستم به عنوان پارامترهای میانگین در نظر گرفته شده اند
3. پارامترهای هزینه ای شامل هزینه هر واحد از موجودی، هزینه هر واحد فروش از دست رفته،هزینه هر بار سفارش دهی و هزینه انتظار هر مشتری می باشند.

## 1-8 نوآوری تحقیق

**مدیریت موثر هزینه قطعات یدکی برای خودروهای نظامی بسیار ضروری است. صنعت خودروهای نظمی با عدم اطمینان بالا در تقاضای قطعات یدکی و سطح خدمات گسترده فوق العاده مهم مواجه است. همچنین در این صنعت، سیاستهای سنتی برای کنترل موجودی قطعات یدکی به دلیل فقدان محاسبات دقیق هزینه هایی همچون هزینه سفارش، نگهداری و همچنین هزینه های کمبود و مازاد، روشهای مناسبی نمی باشند. علاوه بر این، برخی ویژگی ها در صنعت نظامی، مانند عدم دسترسی به برنامه سفر، میزان استفاده و همچنین موظف نبودن مشتریان به سفارش قطعات یدکی از یک شرکت بخصوص، میزان عدم قطعیت و غیر قابل پیش بینی بودن تقاضای این قطعات را افزایش می دهد. این دلایل نیاز به توسعه روش های خاص مدیریت / کنترل موجودی با دقت بیشتر برای خودروهای نظامی را فراهم می کند. با توجه به تقاضای کم قطعات برای خودروهای نظامی، می توان از توزیع ترکیبی با احتمال وقوع تقاضا بر اساس فرایند پواسون و اندازه تقاضای یکنواخت به جای اندازه واحد استفاده می کنیم که تاکنون در تحقیقات قبلی استفاده نشده است. علاوه بر مدیریت و کنترل مناسب سطوح موجودی، نقش مهم بهینه سازی سطح موجودی به عنوان یک روش عملی برای رسیدن به مدیریت موثر هزینه زمانی بیشتر تعیین می شود، که مشخص می شود هزینه های نگهداری قطعات کم اهمیت بخش قابل توجهی از کل هزینه سیستم موجودی است. بنابراین، ما بهینه سازی موجودی را بر اساس یک مدل ریاضی پیشنهاد می کنیم تا کل هزینه سرمایه گذاری را به حداقل رسانده و نرخ پر شدن مورد نظر به عنوان یک سطح سرویس موجودی را در هر دو سطح قطعه و لوکیشن تعیین کند. همچنین یک مطالعه موردی با استفاده از داده های واقعی، برای تأیید توانایی مدل و روش ها انجام می شود.**

**لذا نوآوری­های این تحقیق**

1. **استفاده از توزیع ترکیبی احتمال برای مدلسازی تقاضای قطعات یدکی**
2. **بهینه سازی موجودی را بر اساس یک مدل ریاضی جدید**
3. **حل مدل ریاضی با کمک الگوریتم فراابتکاری**
4. **استفاده از داده های واقعی برای اعتبارسنجی و تایید توانایی مدل**

## 1-9 روش تحقیق

اين پژوهش از نوع هدف نظري و توسعه‌ای خواهد بود. ابتدا از روش کتابخانه‌ای از قبيل جستجو در مقالات، پایان‌نامه‌ها و سایت‌های علمي استفاده خواهد شد، سپس با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از مدل‌سازی‌های دیگر مقالات و شکاف تحقیقاتی به حل مدل‌سازی پیشنهادی مسئله پرداخته می‌شود و نتایج خروجی متناسب با مدل ارائه خواهد شد.

## 1-10 روش و ابزار جمع اوری اطلاعات

روش جمع اوری اطلاعات در تحقیق حاضر به دو بخش میدانی و کتابخانه ای تفکیک می شود در بخش کتابخانه ای مبانی نظری و پیشینه تحقیق جهت دستیابی به مدل مناسب طراحی می شود. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از مقالات داخلي و خارجي مرتبط با موضوع، استفاده‌شده است. در بخش میدانی نیز اطلاعات در خصوص قطعات یدکی از مورد مطالعه جمع اوری می شود.

## 1-11 روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

به‌منظور انجام این پایان نامه، ابتدا به مطالعه ادبیات موضوع و پیشینه تحقیقات مقالات منتشر شده پرداخته خواهد شد و سپس به بررسی شکاف های تحقیقاتی هر مقاله و مقایسه آنها نیز اشاره خواهد شد. در ادامه با توجه به مقالات پایه انتخاب شده و شکاف های تحقیقاتی انجام یافته، به طراحی و حل مدل ریاضی جهت بهینه سازی قطعات یدکی خودروهای نظامی مطابق با مفروضات بیان شده پرداخته خواهد شد و سپس از روش های فراابتکاری برای حل مسئله استفاده خواهد شد.

## 1-12 ساختار پایان نامه

مراحل انجام پایان نامه به شرح ذیل است

1. ارائه کلیات پژوهش در فصل اول
2. ارائه مبانی نظری و مفاهیم و همچنین پیشینه تحقیقات مشابه در فصل دوم
3. ارائه مدل و روش تحقیق در فصل سوم
4. حل مدل با استفاده از الگوریتمهای فراابتکاری و تجزیه و تحلیل در فصل چهارم
5. ارائه نتایج و پیشنهادات در فصل پنجم

# 

# فصل دوم:مبانی نظری و پیشینه تحقیق

|  |
| --- |
|  |

## 2-1 مقدمه

بهینه سازی موجودی یکی از تکنیکهای مهم و کاربردی برای بهینه سازی مقدار اقتصادی سفارش و تحقق یک وضعیت پایدار در یک سیستم تولیدی به شمار می آید. چرا که هزینه بالای خالی بودن انبار و همچنین هزینه از دست رفتن مشتری می تواند آسیبهای جدی را به یک سیستم وارد نماید. در این فصل به ارائه مبانی و مفاهیم در خصوص موجودی و همچنین روشهای بهینه سازی سفارش که در ادبیات تحقیق موجود است می پردازیم.

## 2-2 موجودی؛ تعاریف و مفاهیم

اسلک(2011) تعریف اولیه از موجودی را اینگونه ارائه می کند انباشت ذخیره منابع در یک سیستم دگرگونساز. ایده اولیه برای موجودی ارائه انعطاف پذیری برای یک سیستم و حفاظت از سیستم در برابر وقایعی نظیر خالی شدن انبار می باشد. ظرفیت موجودی برای هر محصول یا قطعه به وسیله تقاضا، زمان تحویل و قیمت قطعه تعریف می شود. با ایجاد توازن بین نرخ عرضه و تقاضا، ظرفیت بهینه موجودی قابل دستیابی است. اگر نرخ عرضه بیش از نرخ تقاضا باشد موجودی از نظر ظرفیت افزایش می یابد همچنین اگر نرخ تقاضا بیش از عرضه باشد ظرفیت موجودی کاهش می یابد. شکل گیری موجودی در شکل ذیل نشان داده ی شود.



شکل 2-1 شکل گیری موجودی

همانطور که در شکل فوق مشاهده می شود ظرفیت بهینه موجودی با ایجاد توازن بین نرخ عرضه و تقاضا محقق می شود اما به این اندازه ساده نیست زیرا انواع متفاوتی از موجودی وجود دارند که برای موقعیتها و فرایندهای خاص طراحی می شوند.

#### 2-2-1 موجودی ایمن

موجودی ایمن که به عنوان موجودی بافر نیز تعیین می شود برای واکنش به وقایع غیر منتظره عرضه و تقاضا طراحی می شود. این موجودی در سیستمهایی معمولا به کار می رود که نمی توانند به پیش بینی تقاضای وارده به شکل دقیق بپردازند. این امر باعث می شود که قطعات یا محصولات با ظرفیت معین در دسترس باشند که می تواند در زمانی که رویدادی غیر منتظره در تقاضا یا عرض رخ می دهد استفاده شود(اسلک،2011).

#### 2-2-2 موجودی چرخشی

موجودی چرخشی زمانی اعمال می شود که ظرفیت تولید و موجودی نتواند با تقاضا منطبق شود. این اساسا به آن معناست که تغییرات مختلف در محصولات یکبار در چرخه ها صورت گرفته و زمانی که یک محصول در انبار تخلیه می شود تولید آن اغاز می گردد. ایده اولیه موجودی چرخشی در شکل ذیل ارائه می گردد(اسلک،2011).



شکل 2-2 مدل موجودی چرخشی اولیه

#### 2-2-3 موجودی انفصالی

موجودی انفصالی در چیدمانهای فرایندی رخ می دهد که در آن هر بخش تولید یک صف را تشکیل می دهد. هر بخش دارای نرخ تولید خاص خود است و محصولات را برای موجودی انفصالی بخش خود تولید می کند. محصولات در موجودی باید منتظر مرحله بعدی فرایند تولید بمانند. این هر بخش فرایند را قادر به کار مستقل و تحقق بالاترین کارائی ممکن صرفه نظر از سرعت تولید بخش دیگر می نماید(اسلک،2011).

#### 2-2-4 موجودی مورد انتظار

موجودی مورد انتظار برای مثلا کالاهای فصلی استفاده می شود. هر زمان تغییر زیادی در تقاضا وجود داشته باشد محصولات با سرعت ثابت تولید می شوند. وقتی که تقاضا پائین باشد موجودی رشد می یابد(اسلک،2011)..

#### 2-2-5 مدیریت موجودی ایمن

در بسیاری از صنایع حداقل نگه داشتن موجودی یا حتی اجتناب از حفظ موجودی مطابق با فلسفه تولید ناب پیشنهاد می شود. با انجام این کار کاهش سرمایه در ارتباط با موجودی ممکن بوده و ارائه گر انعطاف پذیری مالی برای شرکت می باشد. موجودی همیشه بر اساس پیش بینی تقاضا می باشد که می تواند دچار شکست شود بنابراین منجر به عرضه مازاد می گردد. اما این منوط به محیط صنعت و تغییر پذیری محصول است. به علاوه به منظور ایجاد رضایت و بهبود تصویر بین مشتریان داشتن یک موجودی بافر توصیه می شود که این امر ارائه گر انعطاف پذیری در تحویل محصول و وقایع غیر منتظره می شود.

مطابق با کراپ(1997) ارزیابی حجم موجودی ایمن مناسب با عوامل معین میسر می باشد.

#### 2-2-6 هزینه موجودی

زمانی که بخواهیم هزینه موجودی را در کنار هزینه های مواد محاسبه کنیم انواع متفاوت تری از هزینه به وجود می آید که باید مد نظر قرار گیرند.5 نوع هزینه موجودی اصلی وجود دارد که شامل موارد ذیل است

* سرمایه کاری
* کهنگی
* هزینه سفارش
* هزینه عملیاتی
* هزینه خالی شدن انبار

این هزینه ها در طی مرحله برنامه ریزی موجودی مد نظر قرار می گیرند.

##### 2-2-6-1 سرمایه درگردش

سرمایه در گردش یا کاری معمولا مهمترین هزینه می باشد. سرمایه کاری به این معناست که در زمان سفارش محصول برای ذخیره سازی تولید باید درامد انرا پیش از ارسال کالا دریافت کند اما اقلام ذخیره حجم معینی از زمان را صرف موجودی می کنند پیش از آنکه به مشتری فروخته شوند. در طی زمان بین پرداخت مبلغ به تولید کننده و دریافت پول از مشتری شرکت باید خود این اقلام را تامین مالی نماید. این سرمایه در گردش نامیده شده و هزینه آن می تواند به صورت بهره یک بانک که برای پول قرض گرفته شده پرداخت می شود در نظر گرفته شود.

##### 2-2-6-2 کهنگی

در زمانی که محصولات یا قطعاتی حجم معینی از زمان را در انبار سپری کرده باشند این احتمال وجود دارد که محصولات جای خود را به یک محصول جدید داده و مدلهای قدیمی منسوخ شود. وقتی چنین رخدادی رخ دهد ارزش کالای ذخیره شده افت می کند یا در بدترین سناریو بی ارزش می شود. این هزینه هزینه کهنگی یا منسوخ شدن نامیده می شود.

##### 2-2-6-3 هزینه سفارش

هر زمان که محصولی یک کالای ذخیره شده در انبار تلقی شود از لحظه ارسال سفارش به تولید کننده تا لحظه دریافت کالا هزینه های عملیاتی وجود دارد. برای مثال تمامی اسناد خرید، اماده سازی و چیدمانهای لجستیکی هزینه هستند که بخشی از هزینه سفارش دهی قلمداد می شوند.

##### 2-2-6-4 هزینه های عملیاتی

در کنار این هزینه های مورد بحث، انبار فیزیکی نیازمند پول است تافعال بماند. یک انبار نیازمند ویژگی انبار است یعنی نیروی انسانی،گرمایش، نور و ابزار. به علاوه موجودی می بایست تضمین و بیمه شده و هزینه بیمه به وسیله ارزش کل موجودی و شرایط محیطی تعیین می شود. این امر می تواند به صورت هزینه انبار در نظر گرفته شود.

##### 2-2-6-5 هزینه خالی شدن انبار

هزینه خالی شدن انبار از محصول هزینه ای است که ناشی از یک موجودی با برنامه ریزی مناسب می باشد وقتی که موجودی خالی باشد تقاضا وجود دارد. دو نوع هزینه خالی ماندن موجود وجود دارد هزینه داخلی و هزینه خارجی. در تخلیه انبار به شکل داخلی که برای موجودی در حال انفصال رخ می دهد هزینه ها ناشی از ناکارائی تولید می باشد. وقتی که فرایند های قبلی نتواند به سرعت فرایندهای بعدی پردازش کند تخلیه انبار به شکل داخلی رخ می دهد. تخلیه انبار بیرونی زمانی رخ می دهد که شرکت نتواند عرضه به مشتریان را انجام داده و لذا مشتریان شرکت دیگری را انتخاب نمایند.

اما در زمان سفارش کالا از تولید کننده مقدار معمولا بیش از سفارشات عادی بوده و زمانبندی خیلی سخت گیرانه نیست. تولید کنندگان معمولا تخفیف را در این موارد ارائه کرده و محصولات با قیمتی کمتر از حالت عادی خریداری می شوند.

## 2-3 مدیریت موجودی قطعات یدکی

مدیریت موجودی مناسب در هر صنعت اهمیت بسیاری را دارا می باشد اما بخش قطعات یدکی دارای دو ویژگی متمایز است که مدیریت آنرا حتی چالش برانگیز تر از سایر موارد می نماید

1. **الگوهای تقاضای متناوب با مشخصه توالی مشاهدات تقاضای صفر که ترکیبی از تقاضاهای غیر صفر متغیر و گاه و بی گاه می باشند.**
2. **تعداد و تنوع قطعات یدکی مورد نیاز برای حمایت از یک محصول(هیو و همکاران،2018)**

**مدیریت موجودی قطعات یدکی نقش مهمی را به منظور تحقق وضعیت مطلوب دسترسی پذیری به انبار ایفا می کند. از انجایی که اغلب صنایع این روزها در مسیر تکنولوژیهای پیچیده قرار گرفته و صنایع نیازمند سرمایه ،شکست ماشین الات و تجهیزات را به شکل گران یمتی تجربه می کنند این حوزه حائز اهمیت است. سه عنصر که به مدیریت قطعات یدکی به شکل اثربخش کمک می کند به شرح ذیل است**

1. **موجودی نگهداری**
2. **سیاستاهی نگهداری طات یدکی**
3. **پیش بینی تقاضای قطعات یدکی**

**تحقیقاتی در خصوص رابطه بین قطعات یدکی و مدلهای موجودی در موجودی نگهداری،سیاستهای نگهداری و پیش بینی تقاضای قطعات یدکی وجود دارد. همچنین مباحثی در خصوص پیش بینی تقاضا و طبقه بندی وجود دارد که به اثربخشی کنترل انبار کمک می کند.**

**از منظر مدیریت قطعات یدکی کندی و همکاران(2002) یک دورنمای جامع در خصوص تحقیقات موجود در بازار ارائه می کند. قبلا شربروک(1968) تکنیک چند پلکانی را برای مدل کنترل اقلام قابل احیا برای مدیریت قطعات یدکی موجودی ارائه کرد. به علاوه یک رویکرد محبوب در صنعت اتخاذ تکنیک طبقه بندی می باشد. این رویکرد از طرح طبقه بندی abc بر اساس اصل پاره تو جهت مدیریت موجودی قطعات یدکی استفاده کرد. در کنار آن طبقه بندی ضروری،حیاتی و مطلوب بر اساس گردش و تقاضای کالا نیز محبوبیت دارد. بر اساس تحقیق ردا و همکاران(2014) تحقیق در مورد طبقه بندی موجودی چند معیاره قطعا یدکی شامل عوامل مختلفی نظیر هزینه جریمه خالی ماندن انبار، توزیع تقاضا و قابلیت انبار و نایابی محصول می باشد.**

**از سوی دیگر فلورس و وابارک(1987) و رمضان(2006) از فرایند سلسله مراتب تحلیلی برای در نظر گرفتن استفاده از قطعات یدکی با استفاده از معیار مقیاسی اهمیت بر اساس نرخ گذاری معیار استفاده کردند. آنها این معیار را بر اساس ارزش استفاده،قابلیت گردش و طبقه بندی abc توسعه دادند. گاژپال و همکاران(1994) از ahp برای ارزیابی گردش قطعات یدکی استفاده کرد آلمیدا(2001) از ahp برای فرموله سازی معیار یکپارچه ای استفاده کرده است که شامل عواملی نظیر هزینه تولید از دست رفته، محدودیت موجودی و مسائل ایمنی و زیست محیطی می شود.**

#### 2-3-2 روشهای مدیریت موجودی مناسب قطعات یدکی

**کرور(2005) میانگین و واریانس تقاضا در طی زمان بیکاری را در نظر گرفت. این تحقیق از دو متغیرتقاضا به صورت تابعی از زمان استفاده کرد.این دومتغیر شامل رویکرد تقاضای منفرد و رویکرد تقاضای دوره ای بودند. کرستون(1972) یک روش دیگر را پیشنهاد کرد که به تفکیک برورد فواصل بین تقاضای مقادیر تقاضا شده در هر رخداد می پردازد. تکنیکهای راه اندازی برای تقاضای فصلی به ارزیابی توزیع تقاضا در طی زمان بیکاری می پردازد. سینتوز و بویلان به انحراف در مدل کرستون اولیه اشاره کرده و یک اصلاحیه را مطرح کردند که منجر به مدل براورد سنتئوز بویلان گردید.**

**یک رویکرد دقیقتر برای تقاضاهای متناوب به وسیله کرور(2005) جهت محاسبه میانگین و واریانس تقاضا در طی زمان بیکاری توسعه یافت. در این رویکرد به عنوان رویکرد تقاضای منفرد برخلاف رویکرد تقاضای دوره ای سنتی سه متغیر تصادفی استفاده می شود که این متغیرها شامل مقادیر تقاضا شده در طی زمان بیکاری،فواصل زمانی بین رخداد تقاضا و خود زمان بیکاری می شود.**

**گوبار و فرند(2003) 13 تکنیک پیش بینی را برای تقاضای قطعات یدکی هواپیما مقایسه کرده و برتری این تکنیک ها را اثبات نمودند.**

1. **میانگین متحرک موزون**
2. **روانسازی تصاعدی**
3. **روش کرستون**

**نتایج مشابه به وسیله رگاتیاری و همکاران(2005) ارائه گردید. ایوز و کینگزمن(2004) به ارزیابی تکنیکهای پیش بینی تقاضای قطعات یدکی در مورد نیروی هوایی انگلیس پرداختند که شامل روش کرستون و رویکرد منفرد می شد و نشانگر برتری روش رویکرد منفرد تا سطح معینی از خدمت می گردید.**

#### 2-3-3 روشهای بهینه سازی موجودی قطعات یدکی

##### 2-3-3-1 روش تعیین تقاضا در سطح 50 درصد تقاضا در طی دوره اکتساب

تعیین ذخیره تضمینی 50 درصد مصرف میانگین برای دوره میانگین عدم قطعیت ساده است. این روش نسبتا دقیق نیست و تغییرات تقاضا و عرضه را در نظر ندارد. همانطور که گراهام اشاره می کند ضروریات قابلیت اطمینان ایمنی شاید برای قطعات بحرانی با افزایش نسبت ذخیره ایمنی تا 20 درصد تغییر یابد.



(1)

که در اینجا xp ذخیره ایمنی

P میانگین مصرف در هر واحد زمانی

Tp میانگین زمان بیکاری قطعات یدکی است

##### 2-3-3-2 روش مبتنی بر ضریب ترکیب

ماهیت این روش تعیین ذخیره ایمنی بر اساس عامل ترکیب است. ضریب ایمنی معمولا بر اساس دامنه امتیازات خاص معیارها جهت تعیین ذخیره ایمنی استفاده می شود. این نتیجه از رابطه ذیل محاسبه می شود.



(2)

که در اینجا Mpl میانگین مصرف سالیانه

Kj ضریب تضمین

Zp میزان عرضه است

مزیت این روش در سادگی آن بوده و نیازی به دانش یا نرم افزار آماری یا ریاضی خاصی ندارد. عیب آن در این است که نمی تواند طیف کاملی از عوامل اثرگذار بر مدیریت موجودی را به وسیله یک مقیاس امتیاز دهی جهانی در نظر گرفته و لازم است که متغیرهای متفاوتی از مقیاس امتیاز دهی یا ضرائب حفاظت برای موارد خاص وجود داشته باشد. با در نظر گرفتن اینکه این روش متکی بر ارزیابی ذهنی از معیار می باشد و ضریب حفاظت به دقت شامل انحرافات کوتاه مدت در زنجیره تامین نمی شود برای اقلام با اهمیت کمتر توصیه می شود.

##### 2-3-3-3 روش تعیین ذخیره ایمنی به وسیله انحراف استاندارد از میزان نیاز و طول دوره اکتساب و میانگین نیاز

روش فوق یک روش تقریبی ساده است زیرا انحرافات استاندارد از تقاضا در کل اضافه می شود به علاوه نوسانات موجود در عرضه به حساب نمی آید. به این دلیل این روش برای اقلام نوع b و نوع c مناسب است.



(3)

که در اینجا xp ذخیره ایمنی

P میانگین مصرف در هر واحد زمانی

K عامل ایمنی

انحراف استاندارد از مصرف و تقاضا

 انحراف استاندارد از بازه عدم قطعیت است

##### 2-3-3-4 روش تعیین ذخیره ایمنی به وسیله انحراف استاندارد از اندازه نیاز و طول دوره خرید و میانگین اندازه نیاز و دوره تحویل

این روش به موانع روش قبلی پرداخته و به تاثیر ترکیبی نوسانات در تقاضا و طول بازه عدم قطعیت می پردازد. در عین حال بخشی از ذخیره ایمنی برای پوشش نوسانات در عرضه نشانگر ذخیره ایمنی برای پوشش نوسانات در تقاضا می باشد. این یک روش پیچیده می باشد که مناسب تلاش محاسباتی بالا برای اعمال ایتمهای موجودی بحرانی و ایتمهای نوع A می باشد.



(4)

##### 2-3-3-5 روش تعیین ذخیره ایمنی به وسیله انحراف استاندارد از اندازه نیاز در طی دوره خرید؛ محاسبه ساده برای تقاضای تصادفی

روش فوق مناسب اقلام با تقاضای غیر ساکن می باشد که شاید یک حالت معمول برای قطعات یدکی به شمار آید. از همترازی تصاعدی برای سری زمانی استفاده می کند. با مساوی قرار دادن مقدار ثابت  می تواند مقادیری را در بازه 0.1 بگیرد. هر چه مقدار ثابت بیشتر باشد رفتار تقاضا بیشتر ماهیت غیر ایستا دارد. برای مثال مقدار بهینه ثابت به وسیله میانگین معیار خطای مجذور میانگین MSE تعیین می شود.

****

**(5)**

#### 2-3-4 استراتژیهای مدیریت و خط مشی های مدیریت موجودی

**استفاده از رویه موجودی خط مشی اولین وارده اولین خارجه به صورت مهمترین رشته در کاهش اتلاف در مدیریت موجودی تلقی می شود. به منظور تحقق این امر انبارها می بایست متمرکز بر تازگی بوده و عمر قفسه باقیمانده را کنترل کرده و موجودی خود را در ذخیره سازی مرتب نمایند به گونه ای که واحدهای قدیمی تر در جلوی قفسه قرار گیرند. ریسینک و همکاران(2013) نشان می دهند استراتژیهایی نظیر پیاده سازی عملیات بازپرسازی سفارشات کوچک به جای دریافت حجم زیادی از محصولات جهت کاهش اتلاف حائز اهمیت است.**

**برخی تحقیقات داشتن شفافیت و مرئیت موجودی را برای عملکرد موجودی خوب مطرح می کنند. همچنین اگاهی از سطوح ذخیره را در تمامی مکانهای موجودی پیشنهاد می کند. لذا محققین توصیه می کنند که کارکنان مجرب باید از تمامی مکانهای ذخیره سازی مختلف و موجودی اگاه باشند(استانگر و همکاران،2012) ریسینک و همکاران(2013) ارائه گر تصویر کاملی برای توازن موفق بین عرضه کافی و حداقل اتلاف می باشد زیرا تصمیمات اتخاذ شده به وسیله انبارها بر قابلیت کل سیستم برای تحقق تقاضا تاثیر می گذارد.**

#### 2-3-5 سطوح موجودی هدف و سیاستهای سفارش

**به منظور پیشگیری از سطح ذخیره بالا مهم است که مانع از سفارشات مشکلزا شد و فونتین و همکاران(2012) استراتژیهایی را جهت کاهش رفتار سفارش دهی موردی پیشنهاد می کنند. تجربه کارکنان نقش مهمی را در تفسیر اطلاعات تقاضا جهت اتخاذ تصمیم درست برای فرایند سفارشدهی در فرایند مدیریت موجودی ایفا می کند زیرا پروفایلهای تقاضا بر دسترسی پذیری داده های مورد نیاز اثرگذار است(استانگر و همکاران،2012)**

#### 2-3-6 کنترل موجودی زمان گسسته

**در رویکرد برنامه ریزی کنترل بهینه گسسته، سفارشات تقاضاها و تولید در زمان گسسته یا دوره های زمانی معین تعریف می شود. بنابراین منظور از گسستگی در این رویکرد گسستگی در زمان تولید می باشد. یک سری پارامترهای اصلی وجود دارند مانند موجودی در دست، در این رویکرد پارامترهای تولید در طول یک دوره زمانی تعریف می شوند. بنابراین موجودی در دست فقط در ابتدای دوره مشخص می شود.**

**فول و تاج(2007) یک مدل کنترل بهینه برای سیستم تولید موجودی دوره ای را با اقلام دفع شدنی پیشنهاد کردند. مدل پیشنهادی شامل دو انبار برای اقلام تولیدی و اقلام بازگشتی بود. انبار اول مربوط به اجزای قابل استفاده می باشد. انبار دوم به اجزای باز تولید شده مربوط می شود. فرض شده است که اجزای یک محصول توسط یک شرکت تولید می شود و در محل اول انبار می شود. فساد و مصرف باعث کاهش موجودی این واحدها می شود. اجزا برگشتی در محل ذخیره دوم که آنها نیز در معرض فساد هستند ذخیره می شود. آنها دوباره بازسازی می شوند تا به عنوان کالای نو به اولیه محل ذخیره سازی منتقل می شوند. اجزایی که امکان بازسازی آنها وجود ندارد دفع خواهند شد.**

**سیاست تامین جدیدی برای یک سیستم موجودی به صورت دوره ای با استفاده از نظریه کنترل توسط ایگناسیاک و بارتزویچ (2010) ارائه شد.هدف از کنترل این است که همواره کل تقاضا از موجودی که در دسترس است و همچنین از تولیداتی که دریافت می شود براورد می شود. در این روش هزینه های مرتبط با سفارشاتی که برگشت داده شده است و فروش از دست رفته در نظر گرفته نمی شود.**

**با توجه به سیاست فوق در فواصل بررسی بعدی مقادیر متنوعی تولید می شود. این یک مزیت برنامه ریزی برای تامین کننده خواهد بود. بنابراین ریسک عدم تطابق توافق بین تامین کننده با مشتری را به دلیل تغییرات ناگهانی و غیر قابل پیش بینی سفارش کاهش می دهد. برای این منظور آنها از تابع هزینه درجه دوم استفاده کردند زیر سرعت هموار سازی آن در سیستمهای تولید موجودی خوب است. آنها بر روی جریان کالاها در یک زنجیره تامین تمرکز کردند. همچنین یک سیاست سفارش دهی برای دوباره پر سازی محل ذخیره کالاها طراحی کردند. استفاده از یک تابع هزینه درجه دوم برای توسعه یک سیاست تامین اجازه می دهد تا تغییرات سفارش را که ناشی از تغییرات تقاضاست براورده سازد. علاوه بر مزیت برنامه ریزی تامین کننده،تاثیر نوسانات تقاضا بر مقدار سفارش را کاهش می دهد و در نتیجه در مبارزه با تقویت تقاضای نامطلوب در زنجیره تامین معروف به اثر شلاق چرمی کمک می کند. تفاوت اساسی کار آنها در مقایسه با نتایج مشابه گزارش شده در گذشته در نظر گرفتن تاخیر بین صدور سفارش و تحقق آن است. وجود تاخیر پایداری را تهدید می کند و ممکن است منبع نوسانات موجودی ها و سفارشات باشد.**

#### 2-3-7 کنترل موجودی زمان پیوسته

**در سیستمهای تولیدی پیوسته پارامترهای تولید در هر لحظه ای از افق زمانی برنامه ریزی مشخص هستند زیرا در این رویکرد زمان به صورت پیوسته در نظر گرفته می شود. در بعضی از صنایع لازم است سیستم برنامه ریزی تولید به صورت زمان پیوسته در نظر گرفته شود زیرا تولیدات در این صنایع به صورت پیوسته است. به عنوان مثال در صنایع پتروشیمی و نفت تولیدات در هر لحظه از زمان انجام می گیرد و موجودی در دست دائما در حال تغییر است(صادقیان ،2011)**

**ستی و تامپسون(1981) با استفاده از معادلات دیفرانسیل تصادفی یک مدل کنترل بهینه تولید موجودی ارائه دادند. در این حالت تولید یک کالا در نظر گرفته شد میزان تولید متغیر کنترل بود در حالیکه سطح موجودی متغیر حالت در نظر گرفته شد . نرخ تقاضا ثابت اما تغییرات موجودی به طور تصادفی بود. تابع هدف درجه دوم در طول زمان به حداقل رساندن سطح تولید و موجودی از سطح بهینه شرکت تعریف شد.**

**معادله دیفرانسیل جزئی حاصل در قالب حلقه بسته برای این مدل در دو حالت افق زمان متناهی و افق زمانی نامتناهی حل شد. در هر دو مورد نرخ تولید بهینه توسط کسری مثبت از نرخ تقاضای فعلی ارائه شد. اگر سطح موجودی بسیار بالا باشد کنترل بهینه ممکن است منفی باشد که باید منجر به کاهش موجودی به منظور کاهش هزینه های نگهداری شود. شرایط لازم و کافی در این حالت که تولید منفی است به منظور اینکه بهینه شود نیزبدست آمد. در صورتی که محدودیت عدم منفی بودن برای میزان تولید در نظر گرفته شود مسئله بهینه سازی تصادفی پیچیده تر خواهد شد.**

**ماینر و کلبر(2001) یک سیستم بازیابی محصول تک مرحله ای را در نظر گرفتند. مسئله بهینه سازی پویا را در ابتدا فرموله کردند و با استفاده از اصل حداکثر پونتریاگین شرایط بهینه را بیان کردند. برخی از خصوصیات کلی یک استراتژی بازیابی بهینه را تشریح کردند. در مدل پیشنهادی آنها مرحله بازیابی اقلام برگشتی در نظر گرفته شده بود که قسمتی از آنها بازتولید و مابقی دفع می شوند. تعیین همزمان مسیرهای فرعی برای موجودی های قابل استفاده و قابل بازیافت امکان تفسیر را به عنوان ارزش اقتصادی کالای برگشتی فراهم می کند. در مدل فوق به تصمیم گیرنده این اجازه داده می شود که مجموعه برگشتی و بازه زمانی بازیابی را مشخص نماید. این سیستم با نرخ تقاضای مشتری روبروست. مشتریان محصولات استفاده شده را با نرخ r(t) باز می گردانند. هر دو نرخ قطعی غیر منفی و به طور پیوسته متفاوت هستند. نیاز محصول از موجودی محصولات قابل استفاده که با نرخ p(t) تولید شود و یا با بازتولید محصولات قابل بازیافت با نرخ u(t) قابل تکمیل باشد.**

## 2-4 پیشینه تحقیقات

**تحقیق دوستکام و کریمی فیروزجایی(1394) یک سیستم تولید و خدمت سفارشی چند کاناله را با موجودی که بر اساس یک سیستم صف همراه با موجودی مدل شده است در نظر می گیرد. فرایند ورود پواسون و زمان خدمت از توزیع نمایی پیروی می کند بنابراین بخش خدمت تولید یک صف است. دو نوع ممکن از رفتارهای سیستم مورد بررسی قرار می گیرد. نشان داده شده است که در مدل اول فرایندهای صف و موجودی مستقل هستند و توزیع احتمال توام به صورت حاصلضربی محاسبه می شود. با داشتن توزیع احتمال تصمیمات بهینه بدست می آید. در حالت دوم که فراوانی بیشتری دارند آنها مستقل نیستند و توزیع احتمال توام نیز بسیار پیچیده است. از شبیه سازی برای محاسبه احتمال حالت پایا استفاده می شود. در نهایت نتایج دو مدل مقایسه و درستی تخمین استفاده از نتایج مدل اول برای حالت دوم بررسی می شود.**

**در مقاله محمودی و نجفی(1396) مدلی برای مدیریت موجودی بانک خون بیمارستان ارائه شده است که با در نظر گرفتن فساد پذیری خون و فراورده های آن به دنبال تعیین نقطه سفارش دهی برای فراورده های خونی با هدف کمینه کردن مجموع هزینه های تامین، نگهداری، کمبود و دور ریز فراورده های خونی است. با توجه به عدم قطعیت تقاضای بیماران، تقاضای فراورده های خونی از بانک خون به عنوان پارامتری غیر قطعی در نظر گرفته شده است. ضمنا برای مواجهه با عدم قطعیت در تقاضا از رویکرد بهینه سازی استوار استفاده شده است.**

**در مقاله زندی و همکاران(1390) یک سیستم موجودی توزیع دو سطحی مورد بررسی قرار می گیرد. این سیستم موجودی دارای یک انبار مرکزی و تعدادی خرده فروش است که هر خرده فروش با تقاضای تصادفی روبرو است. خرده فروشها پس از جوابگویی به هر تقاضا سطح موجودی خود را بررسی کرده و مقدار سفارش را به گونه ای تعیین می کنند که موجودی آنها به یک حداکثر معین برسد. در این مقاله با به کارگیری مفاهیم تئوری صف و مدل کردن سیستم مذکور با مدلهای صف تابع هزینه هر انبار خرده فروشی بدست آمده و مقدار بهینه حداکثر طوری تعیین می گردد که هزینه های موجودی به حداقل برسد. با توجه به مقدار حداکثر بدست آمده برای هر انبار سیاست بهینه انبار مرکزی نیز شناخته می شود.**

**در مقاله سعیدی سوق و همکاران(1394) از شبیه سازی مونت کارلو به منظور بهینه سازی ترکیبی فعالیتهای نگهداری و تعمیرات مبتنی بر وضعیت و موجودی قطعات یدکی استفاده شده است. از الگوریتم ژنتیک باینری به منظور پیدا کردن مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم استفاده گردیده است. در این سیاست فواصل بازرسی، حداکثر موجودی قطعات یدکی، نقطه سفارش مجدد موجودی قطعات یدکی، سرحد فرسایش به منظور انجام تعویض پیشگیرانه و نیروی انسانی مورد نیاز برای انجام تعویض های اصلاحی و پیشگیرانه بهینه می شود. در مطالعه موردی برای شبیه سازی رویدادهای مختلف تعمیراتی از بانک اطلاعاتی آنالیز روغن یک شرکت عمرانی شامل 8 هزار داده آنالیز روغن استفاده شده است. شبیه سازی مونت کارلو مورد نظر و همچنین الگوریتم ژنتیک در نرم افزار متلب کد نویسی شده است و در پایان نتایج حاصل از شبیه سازی مطالعه موردی آورده شده است.**

**در تحقیق اسد زاده و پسندیده(1396) دو مدل برای سیستمهای سفارش دوره ایی در حالت چند محصوله با تقاضای احتمالی ارائه شده است. در مدل اول کل کمبود به صورت پس افت و در مدل دوم کل کمبود به صورت فروش از دست رفته است. فرض حاکم بر مسئله وجود محدودیت سطح خدمت فضای انبار بودجه و تعداد دفعات سفارش است. محدودیتهای فضای انبار و بودجه حالت احتمالی دارند و از توزیع نرمال پیروی می کنند. هدف به دست اوردن بیشترین موجودی و طول هر دوره است به گونه ایی که هزینه کل کمینه شود. برای حل مدل ها از دو الگوریتم فراابتکاری ژنتیک و بهینه سازی ازدحام ذرات استفاده شده است. مدلهای در قالب 30 مثال توسط دو الگوریتم حل شده و نیز نتایج بدست آمده با استفاده از دو روش آماری و تصمیم گیری چند معیاره بررسی و الگوریتمها مقایسه می شوند.**

**اسدی و همکاران(1395) در مطالعه خود به مدلسازی ویژگیهای سرعت باد با استفاده از توابع توزیع احتمال ویبول – گاما و تابع چگالی احتمال ترکیبی ویبول گاما، ویبول ویبول و گاما گاما می پردازند. بدین منظور از داده ثبت شده سرعت باد در مقیاس زمانی ده دقیقه ایستگاه هواشناسی بندر شرفخانه استان آذربایجان شرقی استفاده گردید. معیارهای ارزیابی آزمون کولموگروف اسمیرنوف و ریشه میانگین مربعات خطا به منظور ارزیابی تناسب توابع چگالی احتمالی با توزیع فراوانی مشاهدات در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که تابع توزیع احتمال ترکیبی گاما گاما قادر به توصیف بهتر کمیت سرعت باد ، مدلسازی آن در مقایسه با توابع توزیع احتمال معمولی می باشد.**

تحقیق رضایی(1396) با موضوع ارائه روشی جهت بهینه سازی سطح موجودی هدف برای قطعات یدکی هواپیماهای تجاری با توزیع تقاضای غیر قابل پیش بینی و نامشخص صورت گرفت، بهینه سازی موجودی را بر اساس یک مدل ریاضی پیشنهاد میکند تا کل هزینه سرمایه گذاری را به حداقل رسانده و نرخ پر شدن مورد نظر به عنوان یک سطح سرویس موجودی را در هردو سطح قطعه و لوکیشن تعیین کند.همچنین در این مقاله دو رویکرد حل متفاوت پیشنهاد شده است ، نخست روش الگوریتم شبیه سازی تبرید (SA) به عنوان یک روش فراابتکاری و سپس یک نسخه بهبود یافته از الگوریتم گیریدی به عنوان یک روش ابتکاری که توانایی حل مدل را علارغم غیر خطی بودن مدل دارد.یک مقایسه جامع نیز برای شناسایی مزایا و معایب هر روش حل پیشنهادی ارائه شده است.همچنین یک مطالعه موردی با استفاده از داده های شرکت داسلت فالکون جت، برای تایید توانایی مدل و روش ها انجام شده است.

در تحقیق تیموری و همکاران(1387) به موضوع بکارگیری پویایی های سیستمی، در تجزیه، تحلیل و بهبود زنجیره تامین قطعات یدکی شرکت ایران خودرو پرداخته شد.در این مطالعه، یک مدل شبیه سازی گسسته برای زنجیره تامین قطعات یدکی خودرو بر اساس متدولوژی پویای های سیستمی ارائه می گردد. زنجیره ی مورد مطالعه دو سطحی و شامل یک خورده فروش (تعمیرگاه مرکزی 1) و یک عمده فروش (ایساکو) می باشد. مدل زنجیره ای به منظور توسعه ی سیاست سفارش دهی نقطه سفارش در دو سطح تعمیرگاه مرکزی و ایساکو شبیه سازی شده است.مدل ساخته شده، یک مدل ریاضی غیر خطی است که با شبیه سازی روی کامپیوتر و با نرم افزار vensim تحلیل می گردد. این مدل که به منظور تجزیه و تحلیل عملکرد سیستم توزیع قطعات یدکی خودرو داده شده، امکان پیشگویی بهبود عملکرد زنجیره را با اجرای سیاسیت های موثر مهیا می سازد.

سرابی نیا و همکاران(1396) به موضوع توسعه مدلی جهت بررسی تاثیر آینده نگری پایدار بر یکپارچگی استراتژیک زنجیره تامین با رویکرد خلق ارزش (مطالعه موردی: زنجیره تامین ایران خودرو) پرداختند. این پژوهش بر آن است تا با استفاده از مدل ارائه شده، تاثیر آینده نگری پایدار را بر یکپارچگی استراتژیک زنجیره تامین ایران خودرو مورد بررسی قرار دهد که در نهایت منجر به خلق ارزش برای شرکت، مشتری و تمامی ذینفعان زنجیره تامین خواهد شد. در این پژوهش از روش معادلات ساختاری با نرم افزار اسمارت پی ال اس جهت تحلیل عاملی تاییدی، بهره گرفته شده است. در نهایت برازش مدل ارائه شده با اعتبار بالا مورد تایید قرار گرفته و پس از تایید خبرگان صنعت و دانشگاه در زنجیره تامین ایران خودرو بکار گرفته شده و نتایج بدست آمده جهت ارتقای فرایند یکپارچگی زنجیره تامین با رویکرد آینده نگری پیشنهاد شده است.

در تحقیق شفیعی نیک آبادی و همکاران(1394) به موضوع پيش ‏بيني تقاضا در زنجيره تامين با استفاده از الگوريتم ‏هاي يادگيري ماشين‏‏ (مورد مطالعه:‏زنجيره‏تامين شرکت ايران خودرو) پرداخته شد.این پژوهش با هدف کاهش پدیده اثر شلاقی از طریق پیش بینی مقدار صحیح تقاضای مشتریان، به وسیله الگوریتم های یادگیری ماشین اهتمام ورزید.در این مقاله ابتدا مفاهیم زنجیره تامین و سپس علل ایجاد اثر شلاقی مطرح میشود و در ادامه روش های کاهش اثر شلاقی زنجیره تامین شرکت ایران خودرو با استفاده از پیش بینی مقدار صحیح تقاضای مشتریان و با کمک تکنیک های یادگیری ماشین (الگوریتم های شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان)ارائه خواهد شد.در این روش ها با استفاده از تقاضای سابق مشتری، تقاضای آینده او پیش بینی می شود.برای مقایسه این تکنیک ها به دو شاخص زمان اجرا و خطای مقدار میانگین استناد خواهد شد که استفاده از شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان برای پیش بینی تقاضا در زنجیره تامین شرکت ایران خودرو و نیز استفاده از معیار زمان اجرا از نوآوری های این پژوهش محسوب می شود. نتایج بررسی موردی خودروهای لوگان(ال90)، پژو 206 و سمند نشان می دهد که برای تمامی نمونه ها،روش شبکه عصبی، کمترین مقدار خطا و روش ماشین بردار پشتیبان، کمترین زمان اجرا را در بین این روشها دارا می باشد.

در تحقیق علوی کیا و همکاران(1397) به موضوع توسعه مدل کمی بهینه سازی و کاهش اثر اختلال در زنجیره تامین سه سطحی چند محصولی فازی (مطالعه موردی بر روی زنجیره تامین قطعات یدکی خودرو) پرداخته شد. در این تحقیق یک زنجیره تأمین سه سطحی که هر سطح شامل کارخانه های تولیدی، توزیع کنندگان و خرده فروشان است، در بخش پرتقاضای قطعات یدکی خودرو در نظر گرفته شده است. بانک اطلاعاتی دو شرکت فعال در این بخش برای پنج محصول استراتژیک در یک سال مورد استفاده قرارگرفته است. ابتدا زنجیره تأمین سه سطحی تحت شرایط ایده آل(عدم اختلال) برای یک افق زمانی برنامه ریزی محدود و به عنوان مسئله برنامه ریزی محدودیت ها به صورت ریاضی مدل شده است. سپس مدل ریاضی با درنظرگرفتن اختلال ها براساس سه سیاست فروش معوق، فروش ازدست رفته و برون سپاری، با هدف کمینه کردن هزینه کل زنجیره تأمین در صورت بروز اختلالات مختلف حل و تحلیل شده است. نتایج نشان می دهد که الگوریتم پیشنهادی این تحقیق قادر است اثر اختلال ها را خنثی کرده و موجب کاهش قابل ملاحظه هزینه های کل سیستم شود. مدل ارائه شده برای کمک به تصمیم گیرندگان برای اتخاذ رویكردی فعال برای حفظ مزیت تجاری در هنگام بروز اختلال(مانند شرایط تحریم) در زنجیره تأمین مفید است.

در مطالعه مرادی و همکاران(1397) به موضوع مدلسازی کاربردی حوزه ی کنترل موجودی و زنجیره تامین با رویکردهای آن پرداخته شد.این مطالعه براساس تجزیه و تحلیل کسری از مطالعات حاضر پاره ی کنترل موجودی در سطوح متفاوت و زنجیره ی تأمین و با توجه به برخی محدودیت ها، مدلسازی کاربردی را به همراه رویکردها و استراتژی های متفاوت ارائه میدهد که برای حل این مدل میتوان از الگوریتم های متفاوتی چون الگوریتم ژنتیک، کلنی مورچه ها، هارمونیک و ... بهره جست. پس از بررسی اهمیت کنترل موجودی و اهمیت زنجیره تأمین با مطالعات پژوهش های پیشین، به ارائه ی مدل کاربردی پرداخته شده است.

در تحقیق اسدی(1389) به طراحی مدل سیستم سفارش دهی ترکیبی قطعات خودرو در زنجیره دو سطحی (مورد کاوی شرکت ساپکو) پرداخته شد. دراﯾـﻦ ﺗﺤﻘﯿـﻖ ﻣـﺪل ارسال ترکیبی(JRP ) ﺑﺎ وﺳﺎﯾﻞ ﻧﻘﻠﯿﻪ ﻇﺮﻓﯿﺖ ﺑﻨﺪي ﺷﺪه ﺑﺮاي ارﺳﺎل ﻗﻄﻌﺎت ﺧـﻮدرو ﺷـﺮﮐﺖ ﺳـﺎﭘﮑﻮ اراﺋـﻪ ﺷﺪه اﺳﺖ .ﻣﺴﺎﻟﻪ ﺑﻪ ﺻﻮرت ﻣﺪﻟﯽ ﻏﯿﺮ ﺧﻄﯽ-ﻋﺪد ﺻﺤﯿﺢ ﻓﺮﻣﻮﻟﻪ ﺷـﺪ. ﺗـﺎﺑﻊ ﻫزﯾﻨـﻪ ﻣـﺪل ﮐﻼﺳـﯿﮏ ﻣﺴـﺎﻟﻪ ارﺳﺎل ﺗﺮﮐﯿﺒﯽ از ﺳﻪ ﺟﻤﻠﻪ ﻫﺰﯾﻨﻪ ﻧﮕﻬﺪاري، هزینه عمده سفارش دهی و هزینه متغیر سفارش دهی ﺗﺸﮑﯿﻞ ﺷﺪه اﺳﺖ، در اﯾﻦ ﺗﺤﻘﯿﻖ ﻫﺰﯾﻨﻪ ﺣﻤﻞ ﻧﻘﻞ ﮐﻪ واﺑﺴﺘﻪ ﺑﻪ ﻣﻘﺪار ﺳﻔﺎرش (ارﺳﺎل) ﻫﺴﺖ در ﻧﻈـﺮ ﮔﺮﻓﺘﻪ شده است و تقاضا ﻗﻄﻌﺎت ﺑﺎ ﺗﻮﺟﻪ ﺑﻪ ﺷﺮاﯾﻂ ﺷﺮﮐﺖ، ﺛﺎﺑـﺖ در نظر گرفته شده است. ﻣـﺪل ﻃﺮاﺣﯽ ﺷﺪه ﺑﺎ اﺳﺘﻔﺎده از اﻟﮕﻮرﯾﺘﻢ ژﻧﺘﯿﮏ در ﻣﺤﯿﻂ ﺑﺮﻧﺎﻣﻪ ﻣﺘﻠـﺐ ﮐـﺪ ﻧﻮﯾﺴـﯽ ﺷـﺪ .ﻣـﺪل در دو ﺣﺎﻟـﺖ ﺑـﺎ ﻣﺤﺪودﯾﺖ ﺣﺠﻢ و ﺑﺪون ﻣﺤﺪودﯾﺖ ﺣﺠﻢ ارﺳﺎﻟﯽ ﺣﻞ ﺷﺪ و ﻧﺘﺎﯾﺞ آن ﺑﺎ ﯾﮑﺪﯾﮕﺮ ﻣﻘﺎﯾﺴﻪ ﺷﺪ، ﻣﺸـﺎﻫﺪه ﺷـﺪ ﮐﻪ ﺑﺎ اﻋﻤﺎل ﻣﺤﺪودﯾﺖ ﺣﺠﻢ ارﺳﺎل، دوره ﺳﻔﺎرش دﻫﯽ اﻓـﺰا ﯾﺶ ﻣـ ﯽ ﯾﺎﺑـﺪ و ﺑـﺪﻧﺒﺎل آن ﻫزینه کل ﺳﺎﻻﻧﻪ ﻧﯿﺰ اﻓﺰاﯾﺶ ﻣﯽ ﯾﺎﺑﺪ .در ﻗﺴﻤﺘﯽ دﯾﮕﺮ ﻧﺘـﺎ ﯾﺞ اﻋﻤـﺎل ﺣـﺪ ﺑـﺎﻻي اراﺋـﻪ ﺷـﺪه ﺑـﺮايKj ﻣﻘﺎﯾﺴـﻪ ﺷـﺪ، ﻣﻼﺣﻈﻪ ﺷﺪ ﮐﻪ اﻋﻤﺎل ﺣﺪ ﺑﺎﻻي اراﺋﻪ ﺷﺪه ﻧﯿﺰ ﻫﺰﯾﻨﻪ ﻫﺎي ﮐﻞ را اﻓﺰاﯾﺶ ﻣﯽ دﻫﺪ. درﭘﺎﯾـﺎن ﻣـﺪل را ﺑـﺎ دادهﻫﺎي واﻗﻌﯽ ﺟﻤﻊ آوري ﺷﺪه از ﺷﺮﮐﺖ ﺳﺎﭘﮑﻮ ﺣﻞ ﮐﺮده اﯾـﻢ .ﻻزم ﺑـﻪ ذ ﮐـﺮ اﺳـﺖ ﻣـﺪل ﺑـﺮاي 5 سازنده از مهمترین ﺳـﺎزﻧﺪﮔﺎن شرکت حل شد. تعداد محصولات 12،19،43،49،26 برای سازندگان مختلف در نظر گرفته شد. در نهایت برای ﺑﺮاي اﻋﺘﺒﺎر ﺳﻨﺠﯽ ﻣﺪل اراﺋﻪ ﺷﺪه، ﻧﺘﺎﯾﺞ ﺑـﺎ ﺣـﺎﻟﺘﯽ ﮐـﻪ ﻗﻄﻌـﺎت ﺑـﻪ ﺻـﻮرت ﺟﺪاﮔﺎﻧـﻪ ارﺳﺎل ﻣﯽ ﺷﻮﻧﺪ (روش ﺳﻨﺘﯽ ﺳﻔﺎرش دﻫﯽ ﺳﺎﭘﮑﻮ)ﻣﻘﺎﯾﺴﻪ ﺷﺪ و ﻧﺸـﺎن داده ﺷـﺪ ﮐـﻪ ﺳﯿﺴـﺘﻢ ﭘﯿﺸـﻨﻬﺎدي داراي ﻋﻤﻠﮑﺮد ﺑﻬﺘﺮي ﻧﺴﺒﺖ ﺑﻪ ﺳﯿﺴﺘﻢ ﺳﻔﺎرش دﻫﯽ ﺳﻨﺘﯽ ﻣﯽ ﺑﺎﺷﺪ و ﻫﻤﯿﻨﻄﻮر، اﻟﮕـﻮرﯾﺘﻢ اراﺋـﻪ ﺷـﺪه در ادﺑﯿﺎت، اﻋﺘﺒﺎر ﺳﻨﺠﯽ ﺷﺪ.

در تحقیق ترابی(1393) به موضوع بهینه سازی همزمان هزینه های موجودی قطعات یدکی، نگهداری و تعمیرات مبتنی بر پایش وضعیت و برنامه ریزی تولید پرداخته شد. این تحقیق به بررسی توأم تولید و کنترل موجودی قطعات یدکی و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر استراتژیهای پایش وضعیت برای یک جزء از تجهیزات تولیدی اشاره دارد. تابع هدف مینیمم کردن هزینه کل عملیاتی و متغیرهای تصمیم تعیین مقدار کل مصرفی و سطح ذخیره اطمینان قطعه یدکی در افق زمانی همراه با آستانه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و مقدار تولید هر محصول در هر دوره است. برنامه ریزی همزمان در این تحقیق در یک محیط چند ماشینی به صورت موازی و چند محصولی تعریف و حل شده است. هزینه های عملیاتی در این تحقیق شامل هزینه های تولید، هزینه های تعمیرات اصلاحی و تعویض پیشگیرانه ، هزینه های آماده سازی ، هزینه نگهداری محصولات در پایان هر دوره ، هزینه های سفارش عقب افتاده و کمبود در پایان هر دوره، هزینه سفارش دهی و نگهداری موجودی قطعات یدکی می باشد. مسئله ارائه شده در این تحقیق یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح غیر خطی است که به علت پیچیدگی مسئله برای مسائل در ابعاد کوچک با استفاده از نرم افزار GAMS و یا حل کننده COUENNE و برای مسائل در ابعاد متوسط و بزرگ با استفاده از یک روش فراابتکاری مبتنی بر الگوریتم ژنتیک حل گردیده است. مدل توأم حاصل باعث صرفه جویی در هزینه های کل می شود. در یک مثال عددی که برگرفته از مقاله پایه می باشد میزان صرفه جویی هزینه های مدل توأم نسبت به حل مجزای مدل های برنامه ریزی تولید، نگهداری و تعمیرات و موجودی قطعات یدکی کامل محاسبه شده است که در مثال مزبور 7/7 درصد می باشد.

در تحقیق اسماعیل پور(1396) به موضوع بهینه سازی مدیریت موجودی قطعات یدکی مطالعه موردی : مجتمع صنعتی ماموت پرداخته شد.این پژوهش به مسئله چگونگی تعیین پارامترهای کنترل موجودی قطعات یدکی در یک گروه صنعتی ماشین آلات سنگین می پردازد. سیاست کلی بر مبنای سیستم محدودیت های (s,S) و نرخ پر سازی ثابت تعریف شده است. پارامترهای مذکور بر مبنای تصمیم گیری های کارشناسان برنامه ریزی در ایستگاه های متفاوت تعیین شده است. شرکت سعی دارد تا نظر تمامی برنامه ریزان کنترل موجودی را با یک رویکرد مشترک جلب کرده و همچنین صرفه جویی بیشتری در مبحث هزینه داشته باشد. هدف این پژوهش برآورده کردن این دو رویکرد می باشد.در این مقاله 7 مدل تقاضای مختلف با اطلاعات واقعی برای حدود 10,000آیتم مورد آزمون قرار گرفته است. نتایج این بررسی با استفاده از آزمون کای مربع مورد سنجش قرار گرفته است.این مقاله با انجام آزمون های مختلف به این نتیجه دست یافت که ممکن است با استفاده از مدل های مختلف اختلاف های هزینه و سطوح خدمات، به صورت چشمگیری رشد کند. در این مقاله یک قانون تصمیم گیری برای انتخاب مدلی مناسب ارائه شده است. این رویکرد تعیین پارامترهای کنترلی برای 4/96% آیتم ها را ممکن می سازد. همچنین در این مقاله به تاثیر ادغام موجودی برای منابع تقاضای متفاوت و افزایش عدم دقت ناشی از وجود کدهای تکراری می پردازد.

تحقیق تیموری و همکاران(1388) به موضوع مدل پیش بینی مصرف قطعات یدکی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان، محیط عملیاتی و برهم کنش شکست قطعات پرداخته شد.در این مقاله مدلی ارائه شده که علاوه بر قابلیت اطمینان قطعه، عوامل محیطی موثر بر نرخ شکست را به خوبی در نظر میگیرد. علاوه بر این از آنجا که مصرف بسیاری از قطعات ناشی از ارتباط آنها با سایر قطعات و وجود مفهومی به نام برهم کنش شکست قطعات است، این عوامل نیز به عنوان گروه دیگر از عوامل موثر بر تقاضا در مدل وارد شده است.مدل ارائه شده در این مقاله، با استفاده از مدل های قابلیت اطمینان و فرآیند تجدید به پیش بینی مصرف قطعات یدکی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان، عوامل موجود در محیط عملیاتی و برهم کنش شکست می پردازد.

تحقیق رضوی و همکاران(1391) به کاربرد روش شناسی سطح پاسخ در بهینه سازی یک سیستم موجودی سه سطحی پرداخته شد. در این مقاله یك سیستم تولید، توزیع، موجودی سه سطحی شامل یك تولید كننده مركزی، دو عمده فروش و تعدادی خرده فروش در نظر گرفته شده است .تقاضای مشتریان در خرده فروشان از یك فرآیند پواسون مركب پیروی کرده و سیاست كنترل موجودی سطوح از نوع سیاست مرور مستمر(R,Q) است. در این تحقیق با در نظر گرفتن ساختار استاندارد هزینه در یك مدل موجودی، نسبت به برآورد تابع هزینه این سیستم با استفاده از روش شناسی سطح پاسخ، به صورت تركیبی از آزمایش های طراحی شده، شبیه سازی، تحلیل رگرسیون و بهینه سازی اقدام شده است .روش به كار رفته در این مقاله می تواند به عنوان روشی نوین در بهینه سازی سیاست موجودی زنجیره های تامین استفاده شود؛ ضمن آنکه بهینه سازی همزمان پارامترهای موجودی، شامل نقطه سفارش مجدد و اندازه دسته سفارش، یکی دیگر از مزایای مدل پیشنهادی به شمار می رود.

طالعی زاده و همکاران(1393) به مدل کنترل موجودی احتمالی تحت سیاست خرید اعتباری پرداختند. در ایـن پروژه یـک مسئله کنترل موجودی دوره ای بررسی می شود که در آن فاصلة زمانی بین دو بازپرسازی متوالی متغیـری تصـادفی اسـت. در حقیقـت،مدل میزان سفارش اقتصادی تحت دو سیاست تصادفی بودن فاصلة زمانی بین دو بازپرسازی و لحاظ کردن سیاست پرداخت معوقه توسعه داده مـی شـود. در این تحقیق مقعربودن تابع متوسط سود خریدار و شرایطی که این تابع باید داشته باشد تـا میـزان بهینه ی سـقف موجـودی تعیـین شـود اثبـات می شود.هدف اصلی تعیین سقف موجودی خریدار است به نحوی که سود آن ماکزیمم شود .در ادامه برای تشریح مدل، مثالهـای عـددی و تحلیل حساسیت ارائه می شود.

**سبطی اسماعیل پور و رضایی کلج(1396) به مسئله چگونگی تعیین پارامترهای کنترل موجودی قطعات یدکی در یک گروه صنعت ماشین آلات سنگین می پردازد. سیاست کلی بر مبنای سیستم محدودیتهای s,S و نرخ پرسازی ثابت تعریف شده است. پارامترهای مذکور بر مبنای تصمیم گیری های کارشناسان برنامه ریزی در ایستگاههای متفاوت تعیین شده است. شرکت سعی دارد تا نظر تمامی برنامه ریزان کنترل موجودی را با یک رویکرد مشترک جلب کرده و همچنین صرفه جویی بیشتری در مبحث هزینه داشته باشد. هدف این پژوهش براورده کردن این دو رویکرد می باشد. در این مقاله 7 مدل تقاضای مختلف با اطلاعات واقعی برای حدود 10 هزار آیتم مورد آزمون قرار گرفته است. نتایج این بررسی با استفاده از آزمون کای 2 مورد سنجش قرار گرفته است. این مقاله با انجام آزمونهای مختلف به این نتیجه دست یافت که ممکن است با استفاده از مدلهای مختلف اختلافات هزینه و سطوح خدمات به صورت چشمگیری رشد کنند. در این مقاله یک قانون تصمیم گیری برای انتخاب مدلی مناسب ارائه شده است. این رویکرد تعیین پارامترهای کنترلی برای 96.4 درصد آیتمها را ممکن می سازد. همچنین در این مقاله به تاثیر ادغام موجودی برای منابع تقاضای متفاوت و افزایش عدم دقت ناشی از وجود کدهای تکراری می پردازد.**

**مون ولی [[1]](#footnote-1)(2017) یک مدل بهینه سازی قطعات یدکی همزمان را توسعه دادند که ارائه گر یک سازگاری بین هزینه خرید و هزینه کمبود بر اساس توابع نرخ شکست نمایی و ویبول با این فرض می باشد که شکست مطابق با فرایند پواسون همگون رخ می دهد. آزمایشات محاسباتی با استفاده از داده های بدست امده از نیروی دریایی کره نشان داد که در کل دوره تدارک، مدل بهینه سازی با استفاده از نرخ شکست نمایی سطح قطعات یدکی همزمان را بیش از حد براورد کرده و لذا این منجر به هزینه خرید بیشتری نسبت به نرخ شکست ویبول گردید. یک بهینگی پاره تو برای یافتن ترکیب بهینه دو تابع نرخ شکست به صورت پارامترهای ورودی به مدل اجرا گردید و این ارائه گر راه حلی عملی برای مدیران لجستیک می باشد.**

**مقاله اونیل و سانی[[2]](#footnote-2)(2018) متمرکز بر ارائه یک استراتژی بهینه سازی موجودی کلی برای حمایت از سازمانهای کسب و کار می باشد. نویسندگان یک مدل قطعی موجودی را ارائه میکنند که در آن نرخ تقاضا به وسیله قیمت و تعیین شده و نرخ زوال می تواند در چرخه زمانی تغییر یابد. برای این مدل کلی نویسندگان به بررسی تابع سود در زمانی می پردازند که هزینه ها با توجه به تعداد کالاهای خریداری شده در چرخه موجودی و زمان کل نگهداری موجودی خطی می باشد. این چارچوب در بردارنده طیف گسترده ای از مدلهای قطعی است که در ادبیات تحقیق وجود داشته و در عمل سودمند هستند. در این چارچوب نویسندگان به نتایج بهینه سازی برای قیمت و زمان چرخه پرداخته و نشان می دهند که چطور این نتایج برای توابع زوال و توابع تقاضا کاربرد دارند. این به محققین اجازه می دهد تا ادبیات موجودی فعلی را به منظور ارائه راه حلی برای یک مسئله کلی تر گسترش دهند. نتایج تحقیق حاضر از نظر تحلیلی و رقمی با نتایج موجود در ادبیات موجودی مقایسه می شود.**

هیو و همکاران(2018) چارچوبی را برای مدیریت قطعات یدکی در چرخه عمر محصولات با اشاره به رشته تحقیق در عملیات توسعه دادند که حامی این فرایند می باشد. نویسندگان در چارچوب خود نیاز به طبقه بندی هر بخش را با استفاده از تکنیکهای طبقه بندی چند معیاره که شامل دو مرحله طبقه بندی برای پیش بینی و طبقه بندی برای کنترل موجود می شود پیشنهاد کردند. به عنوان گام دوم یک تکنیک پیشبینی تحت حمایت طبقه بندی هر بخش توسعه یافته و سرانجام کل حوزه جهت تحقق اهداف خدماتی با حداقل هزینه بهینه سازی می شود.

**تحقیق مون و جون کیم[[3]](#footnote-3)(2017) نسخه ای جدید از مدل بهینه سازی قطعات یدکی همزمان را ارائه می کنند که در نیروی نظامی کره جنوبی استفاده شده است. این مدل نسبت به مدل های قبلی مشمول بهبودهای عمده ای می باشد از جمله ترکیب نرخ شکست از داده های میدانی کاربر و پیش بینی بر اساس قابلیت اطمینان. اصلاح منطق بهینه سازی واحد قابل جابجایی فروش. افزودن یک فرایند بهینه سازی که از الگوریتمهای ژنتیک استفاده می کند و استفاده از فرمول عمل برای محاسبه موجودیت عملیاتی و افزودن توابع برای افزایش کیفیت نتایج بهینه سازی. ازمایشات شبیه سازی شناسائی کرد که مدل تحقیق حاضر محقق کننده اهداف موجودیت عملیاتی نیروهای نظامی کره جنوبی بوده و باعث کاهش هزینه خرید قطعات یدکی در مقایسه با نتایج بدست امده به وسیله نسخه قبلی مدل می شود.**

**رساله یوهانسمن[[4]](#footnote-4)(2017) با مطالعه موردی در خصوص تامین غذا، دارو، قطعات یدکی و موجودیت آنها در یک کمپ صورت گرفته است. این کمپ از نظر وزن و اندازه در یک موقعیت استقرار جاری محدود می باشد برای تضمین استفاده بهینه از چنین کمپ محدود، این رساله به معرفی نرم افزار بهینه سازی برای موجودی قطعات یدکی در جهت بهینه سازی ذخیره سازی برای یک موقعیت استقرار می پردازد.**

**ویلیامز[[5]](#footnote-5)(2016) در رساله ای به موضوع موجودی یونیفرمهای نظامی می پردازد. در طی این تحقیق مدیران انبار و افسران مسئول برای تعیین جزئیات تدارک یونیفرمها و فرایند امحا مورد تحقیق قرار گرفتند. داده های کمی و کیفی از این افراد بدست امد تا به شناسائی کل میزان یونیفرمهای جمع اوری شده و امحا شده به منظور تعیین امکان صرفه جوئی برای نیروهای دریائی با ارسال مجدد یونیفرمها یا اصلاح آنها بپردازد. این داده ها تحلیل شد و نتایج نشان می دهد که نه فقط این فرایند به خودی خود قابل بهبود می باشد بلکه نیروی دریایی می تواند بیش از 3 میلیون دلار در سال صرفه جوئی کند. اگر این فرایند لجستیک معکوس پیاده سازی شود می توان انتظار چنین موفقیتهایی را داشت. به علاوه منجر به کاهش هزینه تدارکات یونیفرم نیروهای دریایی امریکا به میزان حداقل 7 می شود.**

# فصل سوم: روش تحقیق و مدلسازی

|  |
| --- |
|  |

## 3-1 مقدمه

در این فصل مدلی برای بهینه سازی سطح موجودی قطعات یدکی خودروهای نظامی با استفاده از توزیع احتمال ترکیبی ارائه می شود. توزیع ترکیبی مورد نظر ترکیبی توزیع پواسون و نمایی می باشد به این صورت که تقاضا با پارامتر 𝜆 وارد سیستم شده طبق فرایند پواسون وارد سیستم شده و زمان خدمت دهی از توزیع نمایی با پارامتر u تبعیت می کند. در ادامه ابتدا مدل ریاضی ارائه شده و سپس روابط مورد نظر برای تحقق اندازه بهینه سفارش ارائه می گردد.

## 3-2 مدل ریاضی

در مدل ارائه شده در تحقیق حاضر تقاضا طبق فرایند پواسون با پارامتر 𝜆 وارد سیستم شده و زمان خدمت دهی هر کانال از توزیع نمایی با پارامتر U برخوردار است. توزیع زمان رسیدن سفارشات در راه نیز دارای توزیع نمایی با پارامتر V می باشد. چندین خدمت دهنده با ظرفیت نامحدود برای پذیرش تقاضا وجود دارد. مشتریان تحت سیستم FCFS خدمت رسانی می شوند . در این سیستم تقاضا تنها هنگامی که با موجودی تهی مواجه شوند اجازه ورود به سیستم را نخواند داشت. بنابراین اگر موجودی در دست صفر باشد تقاضاهایی که تا پیش از رسیدن سفارش موجودی می رسند از دست می روند.

سیاست موجودی نیز (r,Q) می باشد یعنی اگر موجودی کمتر یا مساوی مقدار r باشد به اندازه ثابت Q سفارش دهی انجام می شود. هر تقاضا دقیقا به یک کالا از موجودی نیاز دارد. بنابراین با خارج شدن هر تقاضا از سیستم یک واحد از موجودی کاسته می شود.برای جلوگیری از دوره های منحط فرض Q>r و برای رسیدن به حالت پایا فرض 𝜆 <cu را منظور می کنیم.

#### 3-2-1 مدل موجودی پایه

در این سامانه نرخ خدمت دهی علاوه برای تعداد تقاضای درون سیستم و کانالها به سطح موجودی در دست نیز وابسته است. خدمت رسانی در این سیستم با نرخ یک سیستم صف استاندارد چند کاناله انجام می شود تا زمانی که موجودی در دست کمتر از تعداد مشتریان کانالها در سیستم شود در این شرایط نرخ خدمت دهی وابسته به موجودی و برابر با ku است. بنابراین می توان گفت فرایند صف و موجودی در این سیستم وابسته هستند. در چنین سیستمی فرایند صف و موجودی وابسته به یکدیگر می باشند بنابراین نمی توان به سادگی به فرمول صریحی برای احتمالات پایا دست یافت و شبیه سازی برای تخمین توزیع حالت پایا سنجه های عملکرد و تابع هزینه بکار برد.

#### 3-2-2 مدل 2 خدمت پایه

در این حالت از سیستم خدمت دهنده بدون توجه به میزان موجودی در دست و تنها با در نظر گرفتن تعداد مشتریان خدمت دهی می کند. این سیستمها نیز کاربردهای گسترده ای دارند. نمونه های واقعی از این سیستمها را در تجارت الکترونیک و خرید سهام در بورس و سیستمهای مشابه می توان دید. در اینجا موجودی در بین خدمت دهنده هاست و بدون در نظر گرفتن تعداد موجودی باقیمانده تا هنگامی که موجودی صفر نشده با توجه به تعداد مشتریان حاضر در سیستم همه یا بعضی خدمت دهنده ها مشغول خدمت دهی هستند و هر تقاضا که زودتر خدمت خود را دریافت کند از سیستم با یکی از اقلام موجودی خارج می شود.

#### 3-2-3 محاسبه احتمالات حالت پایا

نماد x(t) نشان دهنده تعداد تقاضا در سیستم می باشد تفاوتی ندارد که تقاضا در حالت انتظار باشند یا در وضعیت خدمت رسانی. در این وضعیت زمان t>=0 بوده و نماد Y(t) موجودی در زمان t>=0 است. در این وضعیت z=((X(t),Y(t),t>=0)) یک فرایند مارکوفی زمان پیوسته برای سیستم صف همراه با موجودی تحت سیاست (r,Q) می باشد فضای وضعیت برای z به صورت زیر است

Ez={(n,k):n∈N,o≤k≤r+Q} است. فرایند مارکوفی زمان پیوسته z اردگودیک است اگر و تنها اگر 𝜆≤cu می باشد. اگر z ارگودیک باشد آنگاه دارای احتمال حالت پایای منحصر به فرد می باشد. در این سیستمها با اثبات استقلال فرایند صف و موجودی، احتمالات حالت پایا را می توان به صورت حاصلضربی و صریح محاسبه کرد.

یکی از نتایج کلیدی بدست آمده توسط صفاری و همکاران که قابل بسط در این مقاله می باشد این است که توزیع حاشیه ای حالت پایای طول صف در یک سیستم صف همراه با موجودی و فروش از دست رفته با توزیع حالت پایای طول صف در یک سیستم صف استاندارد با پارامترهای مشابه یکسان است. همچنین ثابت شده است که در یک سیستم صف همراه با موجودی و شرایط پیش گفته فرایند صف و موجودی مستقل از هم می باشد و می توان احتمالات حالت پایای سیستم را از حاصلضر احتمال حاشیه ای طول صف و احتمال حاشیه ای موجودی بدست آورد. همین نتیجه با رویکردی مشابه برای مدل صف همراه با موجودی قابل اثبات است. بنابراین احتمالات حالت پایای سیستم را می توان از حاصلضرب احتمال حاشیه ای طول صف و موجودی بدست آورد. در این تحقیق نیز با استفاده از همان روش استقلال صف و موجودی اثبات می شود بنابراین.

(1)

که در اینجا توزیع حاشیه ای پایای موجودی و توزیع حاشیه ای تعداد تقاضا درون سیستم است که با توزیع تعداد تقاضا در یک سیستم صف کلاسیک یکسان است و برابر احتمال وجود n تقاضا در صف می باشد و برابر است با

(2)

در رابطه فوق برابر با رابطه ذیل می باشد

(3)

نیز از رابطه ذیل بدست می آید

(4)

برای بدست آوردن توزیع ترکیبی ارائه شده در رابطه 1 لازم است توزیع حاشیه ای پایای موجودی محاسبه شود. رابطه 5 می تواند برای بدست آوردن احتمالات حالت پایای سطح موجودی به کار برده شود

(5)

که در اینجا طول هر دوره می باشد و مدت زمانی در یک دوره است که موجودی برابر با مقدار k می باشد با فرض زمان رسیدن تدارکات طبق توزیع نمایی با پارامتر v و پایا بودن سیستم خواهیم داشت.

(6)

*رابطه فوق بر اساس توزیع پواسون بدست می آید و لاندا و v به عنوان ورودی در نظر گرفته می شود.*

(7)

*رابطه 7 شکل ساده شده رابطه 6 می باشد*

(8)

*رابطه 8 به ازای هر i رابطه 7 را حل می کند*

(9)

*رابطه 9 r را وارد رابطه می نماید.*

(10)

(11)

*بنابراین با داشتن احتمالات حالت پایای حاشیه ای می توان احتمال را به صورت قطعی و مضربی بدست آورد.*

#### 3-2-4 محاسبه سنجه های عملکرد

*سنجه های عملکردی که برای ارزیابی این سیستم تعریف می شوند شامل میانگین موجودی در دست ، میانگین سفارشهای داده شده از سوی بخش موجودی در واحد زمان، میانگین زمان انتظار مشتریان در سیستم و میانگین فروش از دست رفته در واحد زمان می باشد با داشتن می توان این سنجه ها را محاسبه کرد.*

*میانگین موجودی*

*میانگین فروش از دست رفته در واحد زمان*

*میانگین تعداد سفارشات در واحد زمان*

*میانگین مجموع زمان انتظار مشتریان در سیستم*

(12)

*با استفاده از رابطه 12 میانگین موجودی محاسبه می شود.*

(13)

*با استفاده از رابطه 13 میانگین فروش از دست رفته در واحد زمان محاسبه می شود که به عنوان یک پارامتر پر اهمیت در نظر گرفته می شود.*

(14)

رابطه 14 به دنبال محاسبه *میانگین تعداد سفارشات در واحد زمان است.*

(15)

*رابطه 15 میانگین مجموع زمان انتظار مشتریان در سیستم را بر اساس نرخ ورودی تقاضا و سایر پارامترهای مهم محاسبه می کند.*

*در روابط 14 و 15 نرخ ورود تقاضاهایی می باشد که اجازه می یابند به سیستم وارد شوند به عبارت دیگر نرخ ورود موثر تقاضا به سیستم از رابطه 6 محاسبه می شود.*

(16)

*W نیز در رابطه 15 نشان دهنده میانگین مجموع زمان انتظار تقاضا در سیستم کلاسیک است و از رابطه 17 بدست می آید.*

(17)

#### 3-2-5 بهینه سازی تابع هزینه

*هدف این بخش یافتن سیاست بهینه یا به عبارت دیگر محاسبه مقدار اقتصادی سفارش است که منجر به کمینه شدن هزینه کل سیستم می شود. با داشتن سنجه های عملکرد سیستم و هزینه های مربوط به آنها می توان تابع هزینه را از رابطه زیر محاسبه کرد.*

(18)

رابطه 18 نشانگر هزینه کل سیستم است که مقادیر پارامترهای آن به شرح ذیل معرفی می شوند

*h*

*هزینه هر واحد از موجودی*

*S*

*هزینه هر واحد فروش ازدست رفته*

*K*

*هزینه هر بار سفارش دهی*

*T*

*هزینه انتظار هر مشتری*

*پارامترهای a و b برای ساده سازی روابط 12 تا 15 به صورت زیر تعریف می شوند*

(18)

(19)

*با اعمال ساده سازی سنجه های عملکرد را به صورت روابط زیر داریم*

(20)

رابطه 20 نشانگر میانگین موجودی با ساده سازی سنجه های عملکرد است

(21)

رابطه 21 نشانگر *میانگین فروش از دست رفته در واحد زمان با ساده سازی سنجه های عملکرد می باشد.*

(22)

رابطه 22 نشانگر *میانگین تعداد سفارشات در واحد زمان با ساده سازی سنجه های عملکرد می باشد.*

(23)

رابطه 23 نشانگر *میانگین مجموع زمان انتظار مشتریان در سیستم با ساده سازی سنجه های عملکرد می باشد.*

*برای یافتن مقدار اقتصادی سفارش با در نظر گرفتن r مشخص و مشتق گرفتن از تابع هزینه مقادیری از را می یابیم که مقدار تابع هزینه را کمینه کند*

(24)

(25)

*بر اساس رابطه 24 مقدار تابع هزینه کمینه می شود.*

(26)

(27)

*و در نهایت رابطه 27 تعیین کننده تابع نهایی حداقل کننده میزان اقتصادی سفارش است.*

#### 3-2-6 اندازه بهینه هر بار سفارش

*با در نظر گرفتن فرض Q>r بدیهی است که رابطه بدست آمده برای زمانی درست است که رابطه زیر برقرار باشد*

(28)

*به ازای Q>0 می توانیم نشان دهیم که تابع هزینه محدب است اگر و تنها اگر رابطه زیر برقرار باشد:*

(29)

*در روابط فوق یعنی روابط 28 و 29 اندازه بهینه هر بار سفارش تعیین می شود*

## 3-3 روش حل

برای حل مدل ارائه شده از الگوریتمهای فراابتکاری نظیر الگوریتم ژنتیک استفاده می شود. شماتیک مراحل الگوریتم ژنتیک در ذیل ارائه شده است.

**تعیین پارامترهای اولیه الگوریتم ژنتیک**

**تشکیل جمعیت اولیه**

**محاسبه برازندگی هر یک از کروموزومها**

**انتخاب بهترین کروموزومها**

**اعمال عملگر تقاطع برای تولید نسل**

**اعمال عملگر جهش برای شبیه سازی جهش ژنتیکی**

**ادغام تقاطع،جهش و جمعیت اولیه**

**انتخاب بهترین کروموزوم**

**آیا تکرارها به پایان رسیده؟**

**رسیدن به جواب بهینه**

شکل 3-1 شماتیک اجرای الگوریتم ژنتیک

همانگونه مشاهده می شود مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک در شکل 3-1 ارائه شده است. در اینجا منظور از کروموزوم مقدار بهینه سفارش یا Q می باشد که با در نظر گرفتن پارامترهای مطرح شده در روابط مورد نظر حل شده و نتایج آن در تکرارهای مختلف ارائه می شود.

# فصل چهارم:تجزیه و تحلیل

|  |
| --- |
|  |

## 4-1 مقدمه

در این فصل مدل ارائه شده در فصل سوم مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. روش حل با استفاده از الگوریتم ژنتیک می باشد و نتیجه حل منجر به تعیین حداقل هزینه سیستم و تعیین اندازه اقتصادی سفارش خواهد شد. در ابتدا مدل به صورت کلی حل شده و سپس تحلیل حساسیت با در نظر گرفتن 4 پارامتر و تاثیر آن بر مقدار کل هزینه صورت خواهد گرفت.

## 4-2 تجزیه و تحلیل مدل

در این بخش مدل به صورت کلی حل می شود و پارامترها به صورت متغیر در ابعاد مختلف در نظر گرفته می شود و بر این اساس نتیجه کل در قالب هزینه ارائه می شود. ضمن اینکه در ادامه روند تغییرات پارامترهای ورودی در قالب نمودار ارائه می شود. با توجه به اینکه از الگوریتم ژنتیک برای حل مدل ارائه شده در فصل سوم استفاده شده است پارامترهای این الگوریتم به شرح ذیل می باشد

جدول ذیل نشانگر نتایج حل مدل در قدم اول می باشد.

جدول 4-1 پارامترهای الگوریتم ژنتیک

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| تعداد تکرار | جمعیت اولیه | نرخ تقاطع | درصد جهش |
| 500 | 150 | 0.7 | 0.3 |

جدول 4-2 حل مدل در ابعاد 10 گانه

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| هزینه سیستم | Q | r | t | k | s | h | C | v | U | landa | ردیف |
| 56,550,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 65000 | 1 |
| 99,900,000,000,000,000 | 37000 | 14500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 90000 | 2 |
| 78,750,000,000,000,000 | 35000 | 11500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 45000 | 75000 | 3 |
| 76,500,000,000,000,000 | 34000 | 12000 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 70000 | 75000 | 4 |
| 99,000,000,000,000,000 | 44000 | 18000 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 4000 | 50000 | 75000 | 5 |
| 83,250,000,000,000,000 | 37000 | 15000 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 6000 | 50000 | 75000 | 6 |
| 78,450,000,000,000,000 | 34000 | 12000 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 7000 | 8000 | 50000 | 75000 | 7 |
| 78,710,000,000,000,000 | 34000 | 12000 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 10000 | 8000 | 50000 | 75000 | 8 |
| 79,710,000,000,000,000 | 34000 | 12000 | 150000 | 25000 | 20000 | 7000 | 10000 | 8000 | 50000 | 75000 | 9 |
| 78,360,000,000,000,000 | 34000 | 12000 | 150000 | 30000 | 20000 | 7000 | 10000 | 8000 | 50000 | 75000 | 10 |

در ادامه تغییرات پارامترها در ابعاد ده گانه در قالب نمودار ارائه می شود.

نمودار 4-1 نرخ ورود تقاضا

نمودار فوق نرخ ورود تقاضا را برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر نرخ ورود تقاضا می باشد.

نمودار 4-2 زمان خدمت رسانی

نمودار فوق زمان خدمت رسانی را برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر زمان خدمت رسانی به تفکیک هرمسئله می باشد.

نمودار 4-3 زمان رسیدن تدارکات

نمودار فوق زمان رسیدن تدارکات را برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر زمان رسیدن تدارکات به تفکیک هرمسئله می باشد.

نمودار 4-5 هزینه هر واحد از موجودی

نمودار فوق هزینه هر واحد موجودی را برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر هزینه هر واحد موجودی به تفکیک هرمسئله می باشد.

نمودار 4-6 هزینه هر واحد فروش از دست رفته

نمودار فوق هزینه هر واحد فروش از دست رفته را برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر هزینه هر واحد فروش از دست رفته به تفکیک هرمسئله می باشد.

نمودار 4-7 هزینه هر بار سفارش دهی

نمودار فوق هزینه هر بار سفارش دهی را برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر هزینه هر بار سفارش دهی به تفکیک هرمسئله می باشد.

نمودار 4-8 هزینه انتظار هر مشتری

نمودار فوق هزینه انتظار هر مشتری برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر هزینه انتظار هر مشتری به تفکیک هرمسئله می باشد.

نمودار 4-9 مقدار موجودی

نمودار فوق مقدار موجودی را برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر مقدار موجودی به تفکیک هرمسئله می باشد.

نمودار 4-10 مقدار اقتصادی سفارش

نمودار فوق مقدار اقتصادی سفارش را برای هر مسئله نشان می دهد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر مقدار اقتصادی سفارش به تفکیک هرمسئله می باشد.

نمودار 4-11 هزینه کل سیستم

نمودار فوق نشانگر هزینه کل سیستم می باشد که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محورعمودی نشانگر هزینه کل سیستم است.

## 4-3 یافته ها و بحث

داده های فوق از یک سیستم سفارش قطعات یدکی خودروهای نظامی بدست آمده است. در این سیستم نرخ ورود تقاضا به عنوان یک عامل بسیار مهم در نظر گرفته می شود. و بر اساس توزیع پواسون محاسبه می گردد. زمان خدمت رسانی به عنوان زمان رسیدگی به ورودی تقاضا محاسبه شده و از توزیع نمایی تبعیت می کند. زمان رسیدن تدارکات عامل مهم دیگری است که در بحث زمان در این مدل در نظر گرفته می شود. هر واحد از موجودی دارای یک هزینه می باشد که این هزینه نیز در مدل حاضر در نظر گرفته شده است. در صورت عدم تحقق تقاضا هزینه ای به سیستم تحمیل می شود که به عنوان هزینه فروش از دست رفته در نظر گرفته شده و به مقدار کل هزینه اضافه می نماید. هر بار سفارش دهی از سوی مشتری یا ورود تقاضا تحمیل کننده هزینه ای با عنوان هزینه سفارش دهی می باشد که این هزینه نیز به تابع هدف که حداقل کننده هزینه می باشد اضافه می کند. انتظار هر مشتری نیز شامل یک هزینه شده که این هزینه دارای توزیع یکنواخت بوده و به سیستم تحمیل می گردد.

مقدار موجودی تعیین کننده سطح موجودی سیستم مورد بررسی می باشد. ضمن اینکه مقدار اقتصادی سفارش مقداری است که بهینه ترین حالت را از نظر هزینه برای سیستم ایجاد می کند. به عبارت دیگر کمتر از این هزینه برای سیستم میسر نبوده و لذا این مقدار بهترین حجمی است باید با توجه به تقاضا ، سفارش داده شود.و در نهایت هزینه کل سیستم که بر اساس مقدار اقتصادی سفارش تعیین می شود.

نتایج نمودار 4-11 و همچنین جدول 4-1 که مقدار بهینه هزینه سیستم و همچنین مقدار اقتصادی سفارش را بدست می دهد می توان مشاهده کرد که در تکرار اول و همچنین تکرار چهارم و البته تکرار دهم بهینه ترین میزان از نظر هزینه بدست می آید. لذا می توان گفت مقدار بهینه سفارش در تکرار اول و چهارم و همچنین تکرار دهم مشاهده می شود. به عبارت دیگر با مقدار سفارش تعیین شده در تکرارهای 1 که بهترین مقدار را بدست می دهد و سپس تکرار 4 و 10 می توان انتظار بهترین نتیجه را بر اساس ترکیب توزیع احتمال پواسون و نمایی داشت.

با افزایش تعداد تکرارها می توان انتظار تفاوت در نتایج حاصل را داشت به عنوان مثال اگر 100 مسئله یا مثال در نظر گرفته شده و در آن مقادیر متفاوتی به مدل داده شود قطعا نتایج به شکل دیگری خواهد بود اما باید توجه داشت که تقریبا با تعداد تکرار معینی وضعیت مدل ثابت می ماند. تغییر در پارامترها تا حدی میسر بوده و این دامنه تغییرات چندان دچار تحول نخواهد شد. افزایش هر یک از پارامترها در مدل تاثیرگذار می باشد. به عبارت دیگر مثلا افزایش هزینه موجودی یا زمان تحقق تقاضا یا رسیدن تدارکات قطعا می تواند باعث تغییرات ملایم یا شدید در هزینه و مقدار اقتصادی سفارش بشود که این تحلیل در حوزه تحلیل حساسیت قابل انجام است در ادامه تحلیل حساسیت مدل با در نظر گرفتن چند پارامتر مختلف صورت می گیرد.

## 4-4 تحلیل حساسیت

در این بخش چهار پارامتر برای تحلیل حساسیت مدل تعیین می شود. البته می توان تمامی پارامترهای موجود را برای تحلیل حساسیت در نظر گرفت که به دید محقق چهار پارامتر برای این مهم تعیین می شوند. چهار پارامتر انتخابی شامل هزینه هر واحد موجودی، نرخ ورودی تقاضا، زمان خدمت رسانی و همچنین زمان رسیدن تدارکات می باشد. اولین تحلیل بر روی پارامتر ورود تقاضا صورت می گیرد. نتایج در جدول 4-2 ارائه می شود.

جدول 4-2 تحلیل حساسیت ورودی تقاضا به سیستم

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| هزینه سیستم | q | R | t | k | s | h | c | v | u | landa | ردیف |
| 56,550,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 65000 | 1 |
| 65,250,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 75000 | 2 |
| 73,950,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 85000 | 3 |
| 82,650,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 95000 | 4 |
| 91,350,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 105000 | 5 |
| 100,050,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 115000 | 6 |
| 108,750,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 125000 | 7 |
| 117,450,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 135000 | 8 |
| 126,150,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 145000 | 9 |
| 134,850,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 155000 | 10 |

نمودار 4-12 تحلیل حساسیت ورودی تقاضا به سیستم

نمودار فوق نشانگر تحلیل حساسیت ورودی تقاضا به سیستم است که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محور عمودی نشانگر ورودی تقاضا می باشد. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش ورود تقاضا به سیستم ، هزینه کل به صورت تصاعدی با شیب تند افزایش می یابد که این امر نشانگر حساسیت بالای مدل به پارامتر ورود تقاضا می باشد. بنابراین ورود تقاضا به شدت بر روی مدل تاثیرگذار میباشد.

جدول 4-3 تحلیل حساسیت پارامتر زمان خدمت رسانی

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| هزینه سیستم | q | r | t | k | s | h | c | v | u | landa | ردیف |
| 56,550,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 65000 | 1 |
| 61,150,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 60000 | 65000 | 2 |
| 65,750,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 65000 | 65000 | 3 |
| 70,350,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 70000 | 65000 | 4 |
| 74,950,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 75000 | 65000 | 5 |
| 79,550,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 80000 | 65000 | 6 |
| 84,150,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 85000 | 65000 | 7 |
| 88,750,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 90000 | 65000 | 8 |
| 93,350,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 95000 | 65000 | 9 |
| 97,950,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 100000 | 65000 | 10 |

نمودار 4-13 تحلیل حساسیت زمان خدمت رسانی

نمودار فوق نشانگر تحلیل حساسیت زمان خدمت رسانی است که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محور عمودی نشانگر زمان خدمت رسانی می باشد. در نمودار 4-13 مشاهده می شود که زمان خدمت رسانی منجر به افزایش هزینه سیستم به شکل مشهودی می شود ضمن اینکه این افزایش دارای شیب تند صعودی می باشد. لذا می توان گفت مدل نسبت به افزایش زمان خدمت رسانی حساسیت دارد.

جدول 4-4 تحلیل حساسیت پارامتر زمان رسیدن تدارکات

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| هزینه سیستم | q | r | t | k | s | h | c | v | u | landa | ردیف |
| 56,550,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 65000 | 1 |
| 57,750,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 10000 | 55000 | 65000 | 2 |
| 58,950,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 11500 | 55000 | 65000 | 3 |
| 60,150,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 13000 | 55000 | 65000 | 4 |
| 61,350,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 14500 | 55000 | 65000 | 5 |
| 62,550,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 16000 | 55000 | 65000 | 6 |
| 63,750,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 17500 | 55000 | 65000 | 7 |
| 64,950,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 19000 | 55000 | 65000 | 8 |
| 66,150,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 21500 | 55000 | 65000 | 9 |
| 67,350,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 23000 | 55000 | 65000 | 10 |

نمودار 4-14 تحلیل حساسیت زمان رسیدن تدارکات

نمودار فوق نشانگر تحلیل حساسیت زمان رسیدن تدارکات است که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محور عمودی نشانگر زمان رسیدن تدارکات می باشد. در نمودار 4-14 مشاهده می شود که زمان رسیدن تدارکات تاثیر بسیاری بر هزینه کل سیستم داشته و دارای شیب صعودی تندتری نسبت به پارامتر قبلی یعنی زمان خدمت رسانی می باشد. به عبارت دیگر می توان گفت که زمان رسیدن تدارکات نسبت به زمان خدمت رسانی بر هزینه های سیستم تاثیر بیشتری دارد. لذا به این موضوع باید توجه شود.

جدول 4-5 تحلیل حساسیت پارامتر هزینه هر واحد موجودی

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| هزینه سیستم | q | r | t | k | s | h | c | v | u | Landa | ردیف |
| 56,550,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 3500 | 8500 | 55000 | 65000 | 1 |
| 57,900,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 4000 | 8500 | 55000 | 65000 | 2 |
| 59,250,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 4500 | 8500 | 55000 | 65000 | 3 |
| 60,600,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 5000 | 8500 | 55000 | 65000 | 4 |
| 61,950,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 5500 | 8500 | 55000 | 65000 | 5 |
| 63,300,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 6000 | 8500 | 55000 | 65000 | 6 |
| 64,650,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 6500 | 8500 | 55000 | 65000 | 7 |
| 66,000,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 7000 | 8500 | 55000 | 65000 | 8 |
| 67,350,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 7500 | 8500 | 55000 | 65000 | 9 |
| 68,700,000,000,000,000 | 29000 | 9500 | 150000 | 25000 | 15000 | 5500 | 8000 | 8500 | 55000 | 65000 | 10 |

نمودار 4-15 تحلیل حساسیت هزینه هر واحد موجودی

نمودار فوق نشانگر تحلیل حساسیت هزینه هر واحد موجودی است که محور افقی نشانگر بعد مسئله و محور عمودی نشانگر هزینه هر واحد موجودی می باشد. جدول 4-5 و نمودار 4-15 گویای نتایج حاصل از تحلیل حساسیت هزینه هر واحد موجودی می باشند. مشاهده می شود که شیب افزایش هزینه ناشی از هزینه هر واحد موجودی شیب نسبتا ملایمی می باشد. در کل تاثیرپذیری و اصطلاحا حساسیت مدل نسبت به افزایش هزینه هر واحد موجودی تائید می شود اما این تاثیر نسبت به سه پارامتر مورد بررسی دیگر کاملا ملایمتر تلقی می شود.

## 4-5 جمع بندی

در این بخش مدل توزیع احتمال ترکیبی برای بهینه سازی سفارش با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل گردید. ابتدا حل مدل در ابعاد مختلف صورت گرفت و در ده بعد مورد بررسی یا ده تکرار ، مشخص شد که کدام تکرارها شامل بهینه ترین میزان سفارش دهی از نظر هزینه کل سیستم می باشند. تکرار اول بهینه ترین تکرار تعیین شده و تکرارهای چهارم و دهم نیز تکرارهای نسبتا بهینه تلقی شدند. در این بخش ابعاد مسئله در هر تکرار تا اندازه ای مورد تغییر قرار می گرفت که نتایج فوق حاصل گردید. در ادامه تحلیل حساسیت مدل انجام شد در بخش تحلیل حساسیت 4 پارامتر هزینه هر واحد موجودی، زمان خدمت رسانی، زمان رسیدن تدارکات و نرخ ورود تقاضا به عنوان پارامترهای اثرگذار بر کل مدل تعیین گردید. هر چند تمامی پارامترها در مدل قابل بررسی بودند که به نظر محقق 4 پارامتر فوق تعیین گردید. نتایج نشان داد که مدل یا میزان بهینه هزینه به تمامی پارامترها واکنش نشان داده و اصطلاحا حساسیت دارد این در حالی است که زمان رسیدن تدارکات بیشترین اثر را نشان می دهد چرا که دارای یک شیب تند خطی می باشد. اما پارامتری نظیر هزینه هر واحد موجودی دارای کمتری اثر می باشد چرا که دارای یک شیب خطی ملایم می باشد. در فصل پنجم نتایج کلی تحقیق بیان می گردد.

# فصل پنجم:نتیجه گیری

|  |
| --- |
|  |

## 5-1 مقدمه

در این فصل نتایج کلی حاصل از پژوهش حاضر ارائه می شود. تحقیق حاضر به دنبال ارائه مدلی جهت بهینه سازی سطح موجودی برای قطعات یدکی با استفاده از توزیع احتمال ترکیبی بود. در نتیجه مدل تحقیق بر این اساس طراحی و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک که الگوریتم قابلی برای حل مسائل مختلف بهینه سازی می باشد حل شد. در ادامه ابتدا روش انجام کار و سپس تبیین نتایج و پیشنهادات ارائه می گردد.

## 5-2 روش انجام کار

در تحقیق حاضر با استفاده از مطالعات کتابخانه ای مدلی برای توزیع احتمال ترکیبی ارائه گردید. معمولا مسائل کنترل موجودی از توزیع های احتمالی جهت بهینه سازی سطح موجودی استفاده می کنند که در بسیار از تحقیقات کمبود استفاده از توزیع احتمال توام یا ترکیبی کاملا به چشم می خورد. لذا در این تحقیق تلاش شد این شکاف تحقیقاتی با استفاده از مطالعات کتابخانه ای رفع گردد. مدل ارائه شده شامل ترکیبی از توزیع های پواسون و نمایی می شد. با استفاده از توزیع پواسون زمان خدمت رسانی و در توزیع نمایی فاصله بین دو سفارش در نظر گرفته شد. بر این اساس مدلی طراحی گردید که قادر به بهینه سازی میزان سفارش بر اساس هزینه می شد. به این ترتیب که در تکرارهای متعدد با تغییرات پارامتری در صورت پائین بودن هزینه ، میزان اقتصادی سفارش تعیین می شد. فرایند مورد نظر در فصول سوم طراحی و در فصل چهارم حل شد. ضمن اینکه تحلیل حساسیت پارامتری هم روی پارامترهای تعیین شده از سوی محقق انجام پذیرفت. در ادامه نتایج کلی تحقیق بیان می گردد

## 5-3 تبیین نتایج

یافته های فصل چهارم نشانگر میزان بهینه سفارش بر اساس حداقل هزینه می باشد در واقع مدل تحقیق حاضر به دنبال دستیابی به حداقل هزینه برای سفارش می باشد که به این ترتیب مقدار بهینه سفارش را تعیین می کند. در ابتدا حل مدل منجر به مقدار بهینه سفارش شد که حداقل هزینه را نشان می داد. با تغییر در پارامترهای مختلف مقدار بهینه سفارش تعیین گردید. با توجه به تعیین تکرار اول به عنوان بهترین تکرار می توان گفت پارامترهای بهینه به شرح ذیل می باشند.

جدول 5-1 بهترین مقدار پارامترهای بدست امده

|  |  |
| --- | --- |
| پارامتر | مقدار |
| لاندا | 65000 |
| u | 55000 |
| V | 8500 |
| C | 3500 |
| H | 5500 |
| S | 15000 |
| K | 25000 |
| T | 150000 |
| R | 9500 |
| Q | 29000 |

پارامترهای فوق مربوط به تکرار اول می باشد که مقدار بهینه آنها در جدول 5-1 ارائه شده است.

اما تحلیل حساسیت نشانگر تاثیرگذاری قطعی چهار پارامتر مورد بررسی می باشد. مشاهده گردید که پارامتری نظیر زمان رسیدن تدارکات بیشترین تاثیر را نشان می دهد. البته تاثیر پارامترهای ورودی تقاضا و همچنین تاثیر پارامتر زمان خدمت رسانی چندان کمتر از زمان رسیدن تدارکات نیست. اما نکته حائز اهمیت تاثیر نسبتا کم هزینه هر واحد موجودی یا به عبارت دیگر واکنش مدل به پارامتر هزینه هر واحد موجودی می باشد که دارای شیب ملایم اما تاثیرگذار می باشد. بنابراین مورد مطالعه فعلی می تواند به پارامترهای مورد نظر توجه ویژه ای بنماید. در نظر گرفتن سایر پارامترها برای تحلیل حساسیت می تواند منجر به کشف نتایج جالبی گردد. به عنوان مثال بررسی تاثیر هزینه هر واحد فروش از دست رفته، یا هزینه هر بار سفارش دهی و همچنین هزینه انتظار هر مشتری نیز قطعا از پارامترهای تاثیرگذار بر مدل بهینه سازی موجودی فعلی خواهد بود. توزیع احتمال توام در تحقیق حاضر که شامل ترکیبی از توزیع های پواسون برای زمان سفارش دهی و همچنین مدت زمان بین دو سفارش با استفاده از توزیع نمایی بود توانست نتایج مورد نظرتحقیق برای بهینه سازی سطح موجودی را در تحقیق حاضر ارائه نماید

## 5-4 پیشنهادات

بر اساس نتایج تحقیق حاضر می توان پیشنهادات ذیل را برای تحقیق اتی مطرح نمود.

1. تحقیق اتی می تواند از سایر توزیع هایی که برای تعیین سطح موجودی استفاده شده است بهره گیری نماید و یک توزیع احتمال ترکیبی جدید را ایجاد نماید.
2. استفاده از توزیع های احتمال در سایر تحقیقات غیر از بهینه سازی سطح موجودی می تواند در دستور کار تحقیقات بعدی قرار گیرد.
3. تعیین و استخراج پارامترهای جدید برای تحقیق اتی به اضافه پارامترهای موجود در تحقیق حاضر می تواند در دستور کار تحقیق بعدی قرار گیرد
4. استفاده از تحلیلهای اماری در کنار روشهای فراابتکاری برای بررسی و تحلیل حساسیت مدلهای بهینه سازی موجودی می تواند در روش حل تحقیقات اتی جای گیرد.
5. مروری بر مطالعات تعیین اندازه بهینه سفارش و کشف شکافهای تحقیقاتی در این حوزه می تواند به پیکره تحقیقات موجود کمک نماید.
6. استفاده از سایر روشهای فراابتکاری که نسبتا جدیدتر بوده و در حل مسائل بهینه سازی استفاده نشده اند می تواند روش تحقیق را تقویت نمایند.

# 

# منابع

|  |
| --- |
|  |

**دوستکام،راضیه و کریمی فیروزجایی، عاطفه(1394)، تحلیل و بهینه سازی سیستم موجودی در یک سامانه تولیدی خدمت سفارشی، کنفرانس بین المللی مدیریت و مهندسی صنایع**

**محمودی، بهاره و نجفی، مهدی(1396)،مدیریت موجودی بانک خون بیمارستان با تقاضای غیر قطعی،دهمین کنفرانس بین المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات، بابلسر،13 تا 15 اردیبهشت 1396**

**زندی،آزاده و زندی، فرشید و روغنیان، عماد(1390)، بهینه سازی سیستم موجودی دو سطحی با تقاضای غیر قطعی، چهارمین کنفرانس بین المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات، 28 و 29 اردیبهشت 1390، دانشگاه گیلان، دانشکده علوم ریاضی**

**سعیدی شوق،یاسر و احمدی، اردشیر و رمضانی، سعید(1394)، بهینه سازی ترکیبی موجودی قطعات یدکی و فعالیتهای نگهداری و تعمیرات،فصلنامه علمی ترویجی مدیریت زنجیره تامین، سال هفدهم، شماره 49، پائیز 1394**

**اسدزاده، زهرا و پسندیده، حمید رضا(1396)،مدلسازی و بهینه سازی یک سیستم کنترل موجودی یک دوره ایی با محدودیتهای تصادفی در حالتهای پس افت و فروش از دست رفته،مهندسی صنایع و مدیریت شریف، دوره 1-33، شماره 2/1 ص 121 – 128**

**اسدی، اسماعیل و سمندری، سیمین و جاران، سالار(1395)،کارائی توابع توزیع احتمال ترکیبی در مدلسازی توزیع باد، اولین همایش ملی بررسی چالشها و راهکارهای مهندسی و مدیریتی دریاچه ارومیه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی عمران، تبریز 17 آذر 1395**

**سبطی اسماعیل پور، دنیز سادات و رضایی کلج، سعید(1396)،بهینه سازی مدیریت موجودی قطعات یدکی، مطالعه موردی مجتمع صنعتی ماموت،نخستین کنفرانس ملی علوم مدیریتی ایران**

Leonie marguerite johannsmann(2017),optimized spare parts inventory management for military deployment,helmut

Schmidt universitat

Captain Gregory Williams(2016),inventory optimization of usmc uniforms through reverse logistics,faculty of the department of industrial distribution

# [Seongmin Moon](https://pubsonline.informs.org/action/doSearch?text1=Moon%2C+Seongmin&field1=Contrib)&[Ui Jun Kim](https://pubsonline.informs.org/action/doSearch?text1=Kim%2C+Ui+Jun&field1=Contrib)(2016), The Development of a Concurrent Spare-Parts Optimization Model for Weapon Systems in the South Korean Military Forces, <https://doi.org/10.1287/inte.2016.0869>

Seongmin Moon& Jinho Lee(2017), Optimizing Concurrent Spare Parts Inventory Levels for Warships Under Dynamic Conditions, i[ndustrial Engineering & Management Systems Vol.16 No.1](http://www.dbpia.co.kr/journal/voisDetail?voisId=VOIS00297054)

N. Slack, R. Johnston, A. Brandon-Jones, 2011, Essentials of operations management, Ref-erenced on 20.03.2019, URL: <https://ebookcentral-proquest-com.lib-proxy.aalto.fi/lib/aalto-ebooks/reader.action?docID=5138778>

CROSTON, J. D. (1972). Forecasting and stock control for intermittent demands.

*Operational Research Quarterly*, 1972, **23**(3): 289–303.

KREVER, M., S. WUNDERINK, R. DEKKER, and B. SCHORR. (2005). Inventory control based on advanced probability theory, an application. *European Journal of* *Operational Research*, 2005, **162**(2): 342–358.

GHOBBAR, A. A. and C. H. FRIEND. (2003). Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model. *Computers &*

*Operations Research,* 2003, **30**(14): 2097–2114.

REGATTIERI, A., M. GAMBERINI, and R. MANZINI. (2005). Managing lumpy demand for aircraft spare parts. *Journal of Air Transport Management*, 2005, **11**(6): 426–431.

EAVES, A. H. and B. G. KINGSMAN. (2004). Forecasting for the ordering and stock-holding of spare parts. *Journal of the Operational Research Society*, 2004, **55**(4): 431–437.

Reesink, H.W., Davis, K., Wong, J., Schwartz, D.W.M., Mayr, W.R., Devine, D. V, Georgsen, J., Chiaroni, J., Ferrera, V., Roubinet, F., Lin, C.K., Donovan, B.O., Fitzgerald, J.M., Raspollini, E., Villa, S., Rebulla, P., Makino, S., Gounder, D., Säfwenberg, J., Murphy, M.F., Staves, J., Milkins, C., Mercado, T.C., Illoh, O.C. & Panzer, S. 2013, The use of the electronic ( computer ) cross-match, pp. 350–64.

Stanger, S.H. w., Wilding, R., Yates, N. & Cotton, S. 2012, ‘What drives perishable inventory management performance? Lessons learnt from the UK blood supply chain’, Supply Chain Management: An International Journal, vol. 17, no. 2, pp. 107–23.

Stanger, S.H.W., Yates, N., Wilding, R. & Cotton, S. 2012, ‘Blood Inventory Management: Hospital Best Practice’, Transfusion Medicine Reviews, vol. 26, no. 2, pp. 153–63.

Fontaine, M.J., Jurado, C., Miller, E., Viele, M. & Goodnough, L.T. 2010, *Blood components*, vol. 50, no. August, pp. 1685–9.

Foul,A., Djemili, S.,&Tadj, L. (2007).Optimal and self-tuning optimal control of a periodic-review hybrid production inventory system. Nonlinear Analysis: Hybrid Systems, 1(1), 68–80.

Ignaciuk, P., & Bartoszewicz, A. (2010). Linearquadratic optimal control strategy for periodic-review inventory systems. Automatica, 46, 1982–1993.

Sadeghian, R. (2011). Continuous materials requirements planning (CMRP) approach when order type is lot for lot and safety stock is zero and its applications. *Applied Soft Computing*, *11*, 5621–5629

SETHI, S. P. and THOMPSON, G. L.,)1981(, Optimal Control Theory Applications to Management Science (Boston: Nijhoff).

Minner, S., & Kleber, R. (2001). Optimal control of production and remanufacturing in a simple recovery model with linear cost functions. OR Spektrum, 23, 3–24.

Asadi R, Design of system for ordering a combination of vehicle parts in a two-level chain, case study: sapco co [dissertation]. Tehran Iran: Tarbiat modaress univ.1389

Ata Allah Taleizadeh, & N.Zamani-Dehkordi (2017), Optimizing setup cost in (R, T) inventory system model with imperfect production process, quality improvement, and partial backordering. Jnl Remanufactur, 7, 199-215.

Alavi kia A, taghavi fard M, Amiri M, Azimi P, Developing a Quantitiative model for optimization and Reducing the Imoact of fuzzy multi-product supply three level supply chain. Quartery Jornal of Business Research, No.89, winter1397,59-88

Wei-Qi Zhou (2013), A multi-product multi-echelon inventory control model with joint replenishment strategy. Applied Mathematical Modelling, 37, 2039-2050.

Moradi sh, Mozafari M, Applied Modeling of the Controller of Inventory and supply chain with its Approaches,CONF.ON Accounting and Management 9th Sep 2018.

Torabi F, Simultaneous optimization of spare parts inventory, maintenance and repair based on status monitoring and production planning [dissertation]. Esfehan Iran: Industrial univ.1393

Zavashkiani A, Azadghan R, Rabiee M, 1394. Warehouse management and spare parts, Aryana GHalam.

Abdini R, Effective Practices In Maintenance In Naj

Rezaie H,provides a method for optimizing inventory levels for spare parts for commercial aircraft by distributing unpredictable and definite demand [dissertation].Iran, Tehran univ, summer 1396.

-Teimoury E, Hashemiolia H, use system dynamics in the analysis, analysis and improvement of the supply chain of spare parts company iran khodro. Quartery Jornal of Business Research, No.49, winter 1387,199-221.

Saraeenia E, Iranzadeh S, Taghizadeh H, Bagherzadeh M, Creating Model for Study Impact of Sustainable Providence on Supply Chain Strategic Integration with Value Creation (Case Study in Iran Khodro CO.), Journal of Management Future Research / Vol. 28 / No. 109 / Summer 2017.

shafie M, azimy A, Demand forecasting in the supply chain using machine learning algorithms (Case Study in Iran Khodro CO.), Engineering Modeling Magazine. Thirteenth year, No 41, summer 1394.

Esmael pur D,Rezaie Kalg S, Optimize inventory management of spare parts (case study Mammoth Industrial Complex). The first National Conference of Iranian management (May 2017).

Teimoury E, Farahani M, A Model for Spare parts Demand Forecasting Based on Reliability, Operational Environment and Failure Interaction of Pars. International Journal of Industrial Engineering and production Management, Volume 20, No1,1388.

Razavi H, Amiry M, Saife barghy M, Olfat L, application 0f response level methodology in optimizing a three-level inventory system. Production and Operation Management , Volume 7, No 2,Winter 1392.

taleizadeh A, Salehi A, possible inventory control model under the policy of purchasing credit.industrial engineering journal, volume 49,No 1, summer 1394, 69-78.

SHafaie J, Dynamic dynamics of wattersheds using Vensim model and genetic programming [dissertation].Iran, Tabriz univ 1390.

W. J. Kennedy, J. Wayne Patterson, and L. D. Fredendall, “An overview of recent literature on spare parts inventories,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 76, no. 2, pp. 201–215, 2002.

C. C. Sherbrooke, “Metric: A Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control,” *Operations Research*, 1968. [Online]. Available: <http://www.ie.bilkent.edu.tr/~ie571/Sherbrooke1968.pdf>.

Roda, M. Macchi, L. Fumagalli, and P. Viveros, “A review of multi-criteria classification of spare parts,” *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 25, no. 4, pp. 528–549, 2014.

B. E. Flores and D. C. Whybark, “Implementing multiple criteria ABC analysis,” *J. Oper. Manag.*, vol. 7, no. 1–2, pp. 79–85, 1987.

R. Ramanathan, “ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization,” *Comput. Oper. Res.*, vol. 33, no. 3, pp. 695–700, 2006.

P. P. Gajpal, L. S. Ganesh, and C. Rajendran, “Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 35, no. 1–3, pp. 293–297, 1994

Teixeira De Almeida, “Multicriteria decision making on maintenance: Spares and contracts planning,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 129, no. 2, pp. 235–241, 2001.

1. Seongmin Moon, [Jinho Lee](http://www.dbpia.co.kr/author/authorDetail?ancId=1174798) [↑](#footnote-ref-1)
2. [B.O'Neill](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835218302419" \l "!)&[S.Sanni](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835218302419#!) [↑](#footnote-ref-2)
3. [Seongmin Moon](https://pubsonline.informs.org/action/doSearch?text1=Moon%2C+Seongmin&field1=Contrib)&[Ui Jun Kim](https://pubsonline.informs.org/action/doSearch?text1=Kim%2C+Ui+Jun&field1=Contrib) [↑](#footnote-ref-3)
4. Leonie Marguerite Johannsmann [↑](#footnote-ref-4)
5. Captain Gregory Williams [↑](#footnote-ref-5)