



同济大学 1907-2017
Tongji University



同济博士论丛
TONGJI Dissertation Series

总主编 伍江 副总主编 雷星晖

汪达钦 霍佳震 著

多需求类型库存系统 分配策略研究

On Inventory Rationing Policies with
Multiple Demand Classes



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



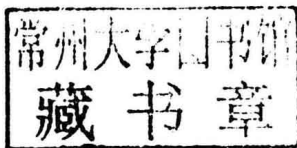
同济博士论丛
TONGJI Dissertation Series

总主编 伍江 副总主编 雷星晖

汪达钦 霍佳震 著

多需求类型库存系统 分配策略研究

On Inventory Rationing Policies with
Multiple Demand Classes



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书以企业运营管理中存在的个性化需求为背景,对多需求类型库存系统的分配策略进行研究。主要介绍混合需求模式下的库存分配策略,使用动态规划法构建动态模型,并以此设计了启发式算法,以成本的持续下降来决定每次订货所考虑的时期数量。不同分配反应下的库存分配策略,通过共享库存来节约成本,通过关键库存水平来调节不同级别需求类型的服务水平。混合缺货控制方式下的库存分配策略,通过引入在确定型需求模型中得到的性质,提出启发式算法来计算随机模型。动态分配策略,通过比较满足好拒绝低级别需求的成本来指定分配策略。本书可为满足客户个性化需求运营管理提供策略性建议和参考。

图书在版编目(CIP)数据

多需求类型库存系统分配策略研究 / 汪达钦,霍佳震著. —
上海:同济大学出版社,2017.8
(同济博士论丛/伍江总主编)
ISBN 978-7-5608-6869-1

I. ①多… II. ①汪… ②霍… III. ①库存—仓库管理—研究
IV. ①F253
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 076135 号

多需求类型库存系统分配策略研究

霍佳震 审 汪达钦 著

出 品 人 华春荣 责任编辑 孙宗霄 熊磊丽

责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)
经 销 全国各地新华书店
排版制作 南京展望文化发展有限公司
印 刷 浙江广育爱多印务有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 9.75
字 数 195 000
版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-6869-1

定 价 54.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

“同济博士论丛”编写领导小组

组 长：杨贤金 钟志华

副 组 长：伍 江 江 波

成 员：方守恩 蔡达峰 马锦明 姜富明 吴志强
徐建平 吕培明 顾祥林 雷星晖

办公室成员：李 兰 华春荣 段存广 姚建中

“同济博士论丛”编辑委员会

总 主 编：伍 江

副 总 主 编：雷星晖

编委会委员：（按姓氏笔画顺序排列）

丁晓强	万 钢	马卫民	马在田	马秋武	马建新
王 磊	王占山	王华忠	王国建	王洪伟	王雪峰
尤建新	甘礼华	左曙光	石来德	卢永毅	田 阳
白云霞	冯 俊	吕西林	朱合华	朱经浩	任 杰
任 浩	刘 春	刘玉擎	刘滨谊	闫 冰	关侗红
江景波	孙立军	孙继涛	严国泰	严海东	苏 强
李 杰	李 斌	李风亭	李光耀	李宏强	李国正
李国强	李前裕	李振宇	李爱平	李理光	李新贵
李德华	杨 敏	杨东援	杨守业	杨晓光	肖汝诚
吴广明	吴长福	吴庆生	吴志强	吴承照	何品晶
何敏娟	何清华	汪世龙	汪光焘	沈明荣	宋小冬
张 旭	张亚雷	张庆贺	陈 鸿	陈小鸿	陈义汉
陈飞翔	陈以一	陈世鸣	陈艾荣	陈伟忠	陈志华
邵嘉裕	苗夺谦	林建平	周 苏	周 琪	郑军华
郑时龄	赵 民	赵由才	荆志成	钟再敏	施 骞
施卫星	施建刚	施惠生	祝 建	姚 熹	姚连璧

袁万城	莫天伟	夏四清	顾 明	顾祥林	钱梦騄
徐 政	徐 鉴	徐立鸿	徐亚伟	凌建明	高乃云
郭忠印	唐子来	閻耀保	黄一如	黄宏伟	黄茂松
戚正武	彭正龙	葛耀君	董德存	蒋昌俊	韩传峰
童小华	曾国荪	楼梦麟	路秉杰	蔡永洁	蔡克峰
薛 雷	霍佳震				

秘书组成员：谢永生 赵泽毓 熊磊丽 胡晗欣 卢元姗 蒋卓文

总序

在同济大学 110 周年华诞之际，喜闻“同济博士论丛”将正式出版发行，倍感欣慰。记得在 100 周年校庆时，我曾以《百年同济，大学对社会的承诺》为题作了演讲，如今看到付梓的“同济博士论丛”，我想这就是大学对社会承诺的一种体现。这 110 部学术著作不仅包含了同济大学近 10 年 100 多位优秀博士研究生的学术科研成果，也展现了同济大学围绕国家战略开展学科建设、发展自我特色，向建设世界一流大学的目标迈出的坚实步伐。

坐落于东海之滨的同济大学，历经 110 年历史风云，承古续今、汇聚东西，秉持“与祖国同行、以科教济世”的理念，发扬自强不息、追求卓越的精神，在复兴中华的征程中同舟共济、砥砺前行，谱写了一幅幅辉煌壮美的篇章。创校至今，同济大学培养了数十万工作在祖国各条战线上的人才，包括人们常提到的贝时璋、李国豪、袁法祖、吴孟超等一批著名教授。正是这些专家学者培养了一代又一代的博士研究生，薪火相传，将同济大学的科学研究和学科建设一步步推向高峰。

大学有其社会责任，她的社会责任就是融入国家的创新体系之中，成为国家创新战略的实践者。党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央高度重视科技创新，对实施创新驱动发展战略作出一系列重大决策部署。党的十八届五中全会把创新发展作为五大发展理念之首，强调创新是引领发展的第一动力，要求充分发挥科技创新在全面创新中的引领作用。要把创新驱动发展作为国家的优先战略，以科技创新为核心带动全面创新，以体制机制改

革激发创新活力,以高效率的创新体系支撑高水平的创新型国家建设。作为人才培养和科技创新的重要平台,大学是国家创新体系的重要组成部分。同济大学理当围绕国家战略目标的实现,作出更大的贡献。

大学的根本任务是培养人才,同济大学走出了一条特色鲜明的道路。无论是本科教育、研究生教育,还是这些年摸索总结出的导师制、人才培养特区,“卓越人才培养”的做法取得了很好的成绩。聚焦创新驱动转型发展战略,同济大学推进科研管理体系改革和重大科研基地平台建设。以贯穿人才培养全过程的一流创新创业教育助力创新驱动发展战略,实现创新创业教育的全覆盖,培养具有一流创新力、组织力和行动力的卓越人才。“同济博士论丛”的出版不仅是对同济大学人才培养成果的集中展示,更将进一步推动同济大学围绕国家战略开展学科建设、发展自我特色、明确大学定位、培养创新人才。

面对新形势、新任务、新挑战,我们必须增强忧患意识,扎根中国大地,朝着建设世界一流大学的目标,深化改革,勠力前行!

万 钢

2017年5月

论丛前言

承古续今,汇聚东西,百年同济秉持“与祖国同行、以科教济世”的理念,注重人才培养、科学研究、社会服务、文化传承创新和国际合作交流,自强不息,追求卓越。特别是近20年来,同济大学坚持把论文写在祖国的大地上,各学科都培养了一大批博士优秀人才,发表了数以千计的学术研究论文。这些论文不但反映了同济大学培养人才能力和学术研究的水平,而且也促进了学科的发展和国家的建设。多年来,我一直希望能有机会将我们同济大学的优秀博士论文集中整理,分类出版,让更多的读者获得分享。值此同济大学110周年校庆之际,在学校的支持下,“同济博士论丛”得以顺利出版。

“同济博士论丛”的出版组织工作启动于2016年9月,计划在同济大学110周年校庆之际出版110部同济大学的优秀博士论文。我们在数千篇博士论文中,聚焦于2005—2016年十多年间的优秀博士学位论文430余篇,经各院系征询,导师和博士积极响应并同意,遴选出近170篇,涵盖了同济的大部分学科:土木工程、城乡规划学(含建筑、风景园林)、海洋科学、交通运输工程、车辆工程、环境科学与工程、数学、材料工程、测绘科学与工程、机械工程、计算机科学与技术、医学、工程管理、哲学等。作为“同济博士论丛”出版工程的开端,在校庆之际首批集中出版110余部,其余也将陆续出版。

博士学位论文是反映博士研究生培养质量的重要方面。同济大学一直将立德树人作为根本任务,把培养高素质人才摆在首位,认真探索全面提高博士研究生质量的有效途径和机制。因此,“同济博士论丛”的出版集中展示同济大

学博士研究生培养与科研成果,体现对同济大学学术文化的传承。

“同济博士论丛”作为重要的科研文献资源,系统、全面、具体地反映了同济大学各学科专业前沿领域的科研成果和发展状况。它的出版是扩大传播同济科研成果和学术影响力的重要途径。博士论文的研究对象中不少是“国家自然科学基金”等科研基金资助的项目,具有明确的创新性和学术性,具有极高的学术价值,对我国的经济、文化、社会发展具有一定的理论和实践指导意义。

“同济博士论丛”的出版,将会调动同济广大科研人员的积极性,促进多学科学术交流、加速人才的发掘和人才的成长,有助于提高同济在国内外的竞争力,为实现同济大学扎根中国大地,建设世界一流大学的目标愿景做好基础性工作。

虽然同济已经发展成为一所特色鲜明、具有国际影响力的综合性、研究型大学,但与世界一流大学之间仍然存在着一定差距。“同济博士论丛”所反映的学术水平需要不断提高,同时在很短的时间内编辑出版 110 余部著作,必然存在一些不足之处,恳请广大学者,特别是有关专家提出批评,为提高同济人才培养质量和同济的学科建设提供宝贵意见。

最后感谢研究生院、出版社以及各院系的协作与支持。希望“同济博士论丛”能持续出版,并借助新媒体以电子书、知识库等多种方式呈现,以期成为展现同济学术成果、服务社会的一个可持续的出版品牌。为继续扎根中国大地,培育卓越英才,建设世界一流大学服务。

伍 江

2017 年 5 月

前言

由于消费者需求个性化的增强和市场竞争日趋激烈,企业越来越多地考虑不同客户的需求特性来调整自身运营。基于此背景,本书考虑了面对多种需求类型的库存系统,试图设计合理的分配策略从而在一个库存系统中区分提供给不同客户的服务,以满足他们的个性需求,同时也通过库存共享的方式实现规模经济来降低成本。

过去的研究为了初步探索多需求类型库存分配策略的性质,都只考虑了较为简单的需求特性,实际上客户类型之间的区别有很多种。而多需求类型问题的研究特点就在于考虑不同需求类型的特性,因此本书第一部分主要考虑了三种源于现实问题的需求特性。然后分别针对问题的性质设计了相应的分配策略。由于复杂的模型往往给获取最优解带来不便,因此我们利用各问题的性质设计了启发式算法,从而在较短的时间内获得(近似)最优解。

- 考虑了需求分布不同的两种需求类型,一种是给出了未来一定时期内的时变需求,一种是随机需求。为了利用已给出的部分需求信息,采用随机动态规划方法来求解最优分配方案。考虑到动态规划法的计算时间过长,以成本持续下降为准则设计了一种启发式算法能够快速求得近似最优解,并且在时域滚动的情况下优于

动态规划法。

- 考虑了对于分配策略反应不同的两种需求类型,低优先级客户在分配后会为了恢复原有的服务水平而在有货时提高需求量,形成提前购买行为。由于原有分配策略利用了库存共享的方式来节约成本,这一行为会对高级别客户造成损害。因此设计了一种固定数量策略来约束低级别需求的最大满足量,防止其过度占用高级别客户的库存。分析结果表明在低级别客户需求变动的情况下,后者能够很好地给高级别客户提供保护。
- 考虑了缺货控制方式不同的两种需求类型,一种是通过缺货成本来限制缺货数量,一种是直接约定最低服务水平,从而形成一种混合缺货控制策略模型。采用了门槛清除策略来构建可以分析的近似模型,并利用确定型模型中的重要性质设计了求解随机型模型最优参数的启发式算法。分析结果表明启发式算法能够在较短时间内获取非常好的近似最优解,而混合机制(利用门槛机制获取的参数来实行优先级机制)能够在所有参数环境下都获得非常好的成本和服务水平。

进一步研究发现,之前的库存分配策略都是采用了静态分配策略。由于静态策略无法适应随机需求所带给系统的波动,因此更好的方法是根据系统的状态实时制定分配决策。本书最后对动态分配策略进行了研究。首先,基于库存系统的性质设计了订单发出前和订单发出后的近似静态分配水平的简便公式,能够大大简化最优化参数的计算过程。然后,通过比较接受和拒绝低级别需求的成本设计了一种动态分配策略,并利用该策略的性质得到了动态分配水平的计算方法。该方法和以往研究相比既容易计算又容易观察分配策略的性质,并在数值分析中明显优于静态策略。

插图索引

图 1-1 多需求类型运营问题	6
图 1-2 两种需求类型库存结构图	8
图 1-3 周期型检查策略下的库存分配研究脉络	12
图 1-4 连续型检查策略下的库存分配研究脉络	13
图 1-5 关键水平策略	14
图 1-6 论文结构图	22
图 2-1 3 种算法两两比较的 PG 指标图(1)	32
图 2-2 3 种算法两两比较的 PG 指标图(2)	33
图 2-3 3 种算法两两比较的 PG 指标图(3)	33
图 2-4 3 种算法两两比较的 PG 指标图(4)	34
图 3-1 (c, r, Q) 策略	39
图 3-2 (r, Q, S) 策略	44
图 3-3 (1)~(9) 2 种策略的指标比较图	48
图 3-4 2 种策略不同提前期下的指标比较图	51
图 4-1 (T, t_1, t_2) 策略转化为 (Q, u_1, c) 策略	57
图 4-2 门槛清除机制	60

图 4-3	情况 1 下的 F_i 曲线	64
图 4-4	$AC^*(Q)$ 曲线	66
图 4-5	Q 的下限	67
图 4-6	$AC^*(Q)$, $r^*(Q)$ 和 $c^*(Q)$ 的曲线图	68
图 4-7	三种机制的 Pareto 前沿	78
图 4-8	分配策略和不分配策略的服务水平比较	80
图 5-1	静态、动态分配策略系统动态图	85
图 5-2	$\Delta_y TC(y, \lambda_1 \tau)$ 的曲线	105
图 5-3	动态分配策略的模式 1	108
图 5-4	动态分配策略的模式 2	109
附图-1	第 2 章启发式算法程序软件截图	129
附图-2	第 3 章 (r, Q, S) 策略算法截图	130
附图-3	第 4 章优先级清除机制程序软件截图	130
附图-4	第 4 章门槛清除机制程序软件截图	131
附图-5	第 5 章动态分配策略程序软件截图	131

表格索引

表 1-1	相关文献归类	9
表 4-1	阈值算法的结果与最优方案的成本比较	72
表 4-2	阈值机制和优先级机制的比较	74
表 4-3	$K=0$ 时阈值机制、混合机制、优先级机制的比较	76
表 4-4	分配和不分配策略的比较	78
表 5-1	分配水平 c 和 v 的成本比较	91
表 5-2	分配水平 c 和 u 的比较	94
表 5-3	(Q, r, v, u) 策略和 (Q, r, c) 策略的比较	95
表 5-4	两种算法有差异的样本	97
表 5-5	动态策略和静态策略的比较	106

目 录

总序

论丛前言

前言

插图索引

表格索引

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 多需求类型及其特性	1
1.1.2 问题的实际来源和对于企业运营的影响	3
1.1.3 多需求类型在运营管理中的研究	5
1.1.4 多需求类型库存管理问题	7
1.2 相关文献综述	8
1.3 研究问题与内容结构	19
1.3.1 研究问题	19
1.3.2 研究特点	21

1.3.3 本书结构	21
第2章 混合需求模式下的库存分配策略	23
2.1 引言	23
2.2 问题描述与模型构建	25
2.2.1 问题描述	25
2.2.2 符号定义	26
2.2.3 模型构建	27
2.3 最优策略的性质讨论	29
2.4 启发式算法	29
2.5 数值分析	31
2.6 结论	35
第3章 不同分配反应下的库存分配策略	37
3.1 引言	37
3.2 (c, r, Q) 策略	38
3.2.1 模型	39
3.2.2 客户行为改变的影响	41
3.3 (r, Q, S) 策略	42
3.3.1 模型	43
3.3.2 客户行为影响分析	47
3.4 数值分析	47
3.5 结论	51