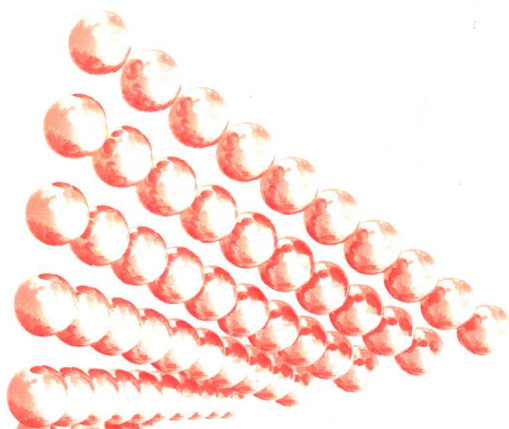




物 流 经 典 译 丛

译丛主编 丁立言 张耀平



[意大利] M.Grazia Speranza

编

[瑞士] Paul Stahly

张耀平 王明志 黄艾舟 谢玉华 朱茵 译

[中国台湾]刘仁钦 苏士哲 审校

配送物流新趋势



清华大学出版社



物 流 经 典 译 丛

译丛主编 丁立言 张耀平

[意大利] M. Grazia Speranza

[瑞士] P. Paul Stahly

编

张耀平 王明志 黄艾舟 谢玉华 朱茵 译

[中国台湾] 刘仁钦 苏士哲 审校

配送物流新趋势

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

物流系统中最复杂的部分就是网络,它也是最关键的部分。物流操作成本中的大部分,以及对服务水平和客户满意度的本质影响都体现在网络上。因此,本书着重探讨分析物流网络及网络。全书共分4章,并按物流问题的基本类型划分:配送网络设计和定位问题,具体的运输作业计划,到生产中心或仓库的内部运送以及库存问题的研究。本书第2章中有对物流的另一种定义:“为了优化对客户的服务水平与总成本之间的差异,而如何进行跨时间和空间的运输的研究”。

该书对物流以及相关专业的研究人员是难得的参考用书,同时也适合希望提高物流理论水平的企业经理人员学习参考。

Originally published in English under the title
“New trends in distribution logistics” edited by M. Grazia Speranza, Paul Stähly
Copyright © Springer-Verlag London Limited 1999
All Rights Reserved

本书中文简体字版由 Springer-Verlag 授权清华大学出版社在中国境内(香港、澳门特别行政区和台湾地区除外)独家出版、发行。

未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号:图字 01-2000-3707 号

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

配送物流新趋势/(意)斯伯伦萨,(瑞士)斯泰伯利编;张耀平等译. —北京:清华大学出版社,2003.6
(物流经典译丛/丁立言,张耀平主编)

书名原文: New Trends in Distribution Logistics

ISBN 7-302-06504-7

I. 配… II. ①斯… ②斯… ③张… III. 物流—配送中心—企业管理—文集
IV. F253-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 023981 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tsinghua.edu.cn>

<http://www.tup.com.cn>

责任编辑: 徐学军

印 刷 者: 北京四季青印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×960 1/16 印张: 14.75 字数: 328 千字

版 次: 2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-06504-7/F·515

印 数: 0001~5000

定 价: 28.00 元

丛书前言

全球范围内对物流的高度关注只是近些年来发生的事情。在这种关注和推崇中,同时也产生了对物流褒贬不一的各种评价。可以说,中国的物流热更具有代表性。批评者认为,我国政府、企业、媒体、研究机构对待物流有炒作之嫌,我国的物流发展中泡沫成分较多;乐观者认为,我国各界对物流的关注与支持是十分必要的,这有助于我国物流业的发展和物流水平的提高。不论对这种现象持何种评价,我们欣慰地看到,中国物流在较短的时期内就走过了概念学习阶段,不再对“物流是什么”的问题纠缠不休了。人们逐渐认识到物流是一个外延十分广阔、内涵十分丰富的概念,包容性很强。对于刚刚接触这一概念的人而言,掌握和记住“物流”就是“物流”或“物的流”就可以了。从专业的角度来看,当前的物流主要是就一个行业或产业而言的。从产业的意义上来说,普遍认为美国物流协会的物流定义较具权威性:

“物流是供应链流程的一部分,是为了满足客户需求而对商品、服务及相关信息从原产地到消费地的高效率、高效益的正向和反向流动及储存进行的计划、实施与控制过程。”(这是1998年CLM对物流的最新定义,原文为: Logistics is that part Of the supply chain process that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverse flow and storage of goods, services, and related information between the point Of origin and the point Of consumption in order to meet customers requirements.)

大约四五年前,人们对“物流”一词还较为陌生,国内书店关于“物流”的书籍相对较少。为了普及物流基础知识,让有关人员学习物流理论时有一套比较完整的教材,我们编写了《企业物流管理培训系列教材》,经徐苗文、胡俊明、牟惟仲、吴润涛以及丁俊发等一代中国物流奠基人修改、审校,于2000年由清华大学出版社出版。因时间仓促和知识所限,该管理系列丛书有许多不尽人意之处,但算是“赶了个早集”。丛书出版后受到广大读者的欢迎,并且连续再版印刷。应广大读者的要求,我们随后又编写了《企业物流技术培训教材系列丛书》,包括《物流配送》、《仓储规划与技术》、《供应链管理技术与方法》、《仓储自动化》、《供应链管理实用建模方法及数据挖掘》五本书,在这五本书中我们着重从技术的角度阐述和分析物流。

在编写物流技术丛书的同时,我们对英文版的物流书籍进行了广泛的检索,跟国外很多家出版社进行了联系与协商,经精心筛选、斟酌、分析,然后选定五本最新出版的英文原版书,即《配送物流新趋势》、《运营管理新概念与案例》、《企业流程管理》、《采购与供应链管理》

及《运营管理——一种供应链方法》。这些书的内容互不重复,都能代表国际物流实践或者理论研究的一个方面,希望这五本书的组合能够较全面地反映国际上物流实践与理论研究的总体趋势。

《配送物流新趋势》是一本论文集,理论性很强,每篇论文均从某一角度给出解决配送物流问题的优化方法。《运营管理新概念与案例》是一本 MBA 学生教材,但供应链管理是该书十分重要的一部分,通过本书可以看出运营管理跟供应链与物流之间存在着密切的联系,书中的大量案例分析对帮助理解运作管理概念十分有用。《企业流程管理》主要介绍研究运作核心观念的创新方法,其中运作、财务和市场一起构成了经营中的三个主要的功能性领域。在该书中,作者提出了崭新的管理企业流程流(MBPF)的观念,这是一种研究运作核心观念的创新方法。MBPF 认为运作管理即为对企业流程的设计和管理,并利用这个观点作为研究运作的统一范例。《采购与供应链管理》突出采购和供应链管理的应用性质,注重理论联系实际,向读者介绍了构成采购和供应链管理基础的重要原则,表明供应链中最重要的一个环节就是采购和供应职能。随着经济的迅猛发展,人们认识到高效的采购与供应职能可以为企业的业绩做出重大的贡献,采购和供应管理已成为提高竞争能力的关键之一。《运营管理——一种供应链方法》一书,是一本关于制造业和服务业中运作管理环境以及相关供应链管理的完整的、具有操作性的论著。本书虽然突出了欧洲的特点,但其内容具有全球性。该书详细叙述了组织的战略要素以及营销与供应链的基本概念包括:公司战略、选址、质量管理以及生态环境等,强调组织是一个系统,在系统设计中,要考虑产品设计、过程设计、运作网络以及人力资源的相互关系;着重提出了运作管理与供应链的核心要素,包括:需求预测、布局设计、库存管理、生产能力计划、物料需求计划、精益生产、JIT、采购与外包、供应链管理、项目管理、可靠性和维护等。该书的可贵之处是它进一步提出了运作管理和供应链系统的分析方法,包括:决策制定与风险管理、统计质量控制、运作排序、财务分析以及审核运作等。

其中《运营管理新概念与案例》和《企业流程管理》两本书似乎脱离了物流丛书的主线,然而,这两本书中均有大量的关于物流与供应链管理的章节,这是原因之一。更重要的是,把这两本书列入物流译丛,是编者特意的安排,是为了体现物流管理与运作管理密不可分的连带关系。这两本书均是国外大学 MBA 学生的教材,所以我们旨在传递这样一种信息,学习物流必须跟运作管理相结合,现实世界是立体多维、色彩斑斓、多种学科绞索,难解难分;“物流科学”从它诞生的那天起,就注定了它和多种学科的交叉,因此我们在研究物流或是供应链的时候,就不可避免地要涉及与之相关的领域。工商管理专业的学生如果一点也不懂物流或者供应链管理的话,那么所学知识也将是残缺和不系统的。

物流界的专家学者们在对物流进行阐述时,与物流相对应地列出了信息流、商流、资金流、人流等概念。有人说,如果对各种不同的“流”进行归纳,所有的“流”可以用“信息流”和“物流”两种“流”来概括,因为人亦是物质的,“人流”也可并入“物流”中,这种概括有一定的道理。20 世纪 90 年代,随着计算机、互联网和通信技术的迅速发展,“信息流”事业获得了

突飞猛进。但人们很快就意识到,人类不能只生活在虚拟世界中,现实世界才是最本真的。“信息流”不可少,但“物流”更重要。由此看来,物流热不无道理。

编写物流丛书,不仅是为了飨食读者,对编者和译者来说也是一个很好的学习和提高的过程。编译这套丛书给我们一个学习与思考物流发展方向以及存在问题的很好的机会。近两年我们参加有关物流的学术讨论和社会活动相对较少,除了倾力于译丛的翻译修订工作外,我们希望能够做一些更具有前瞻性、开拓性和务实的研究工作。一个阶段以来我们在城市地下管道物流系统(Underground Logistics System, ULS)和真空管道运输(Evacuated Tube Transportation, ETT)方面倾注了不少心血。去年,气压管道物流系统在我国许多医院中开始使用,无疑这是城市管道物流系统的一种形式。可以预言,在不久的将来,城市配送问题将逐渐通过管道物流系统来解决。ULS和ETT一起,将是解决未来快速物流与高速运输问题的有效途径。随着飞机和磁悬浮列车的问世,影响运行速度的机械磨擦被消除。如今,大气阻力正成为影响运输速度进一步提高的瓶颈。ETT正是旨在同时消除机械磨擦和大气阻力的一种运输方式,虽然它的实现还需要假以时日,但这种趋势与发展方向是明确的。由此我们可以这样说——“今天是 IT,明天是 ETT。”

在丛书翻译期间,我们两度去美国,走访了许多从事物流研究和实务运作的美国研究院所及企业,使得翻译的准确性得到了较充分的保证。翻译稿经过初校后,我们请台湾地区的高校、企业界以及物流协会的物流学者和专家们进行审校,并得到了他们的大力支持和帮助。由于众所周知的原因,台湾地区与中国大陆的交流还不是那么通畅,这也是本译丛的翻译出版工作持续较长时间的直接原因。我们始终把翻译质量放在第一位,力求做到准确地反映原著内容,文字通顺,语句流畅,为此我们做了很多艰苦的努力和大量的案头工作。但限于水平,错误与疏漏之处在所难免,恳请学界同仁和广大读者提出批评与建议。

感谢所有在编译过程中给予我们支持与帮助的朋友们!

丁立言 张耀平

2002年8月于北京

前 言

市场的全球化给物流业创造了更为广阔的利润空间。现代物流,关系到“物”与信息所流经网络的方方面面,在该网络的各个结点上,分布着原材料供应商、生产厂家、仓储企业、零售商和客户等。为将物品在适当的时间、以适当的成本运送到适当的地点,必须解决遇到的各种问题,这些问题的多样性决定了物流网络的复杂性。网络设计、生产计划与控制、内部外部运输和库存管理等都是至关重要又相互关联的问题,决策过程中众多的行为主体和不同的目标使得优化物流网络的问题变得极其困难。从前,因信息的缺乏,可以回避做复杂的网络优化工作。现在,信息已不再是一个问题,相反,大量的信息有时候也许无助于做出好的决策。因此,今天的问题是如何来利用所获得的信息。与此同时,一些物流计划方面的概念日益得到普遍的接受,物流系统全球观的概念就是其中之一。人们已经能够较好地理解物流成本概念和供应链中合作的需要,然而,对物流决策支持手段的认识尚且欠缺。不断升级的竞争促使企业千方百计去降低成本和提高服务水平,这为改善物流环境创造了广泛的需求。

本书重点在于物流网络及配送网络。物流系统中最复杂和最关键的部分就是网络,操作成本中的大部分,以及对服务水平和客户满意度的本质影响都体现在网络上。

什么东西使得配送物流研究工作不同于设施定位、运输、行驶线路和库存管理等研究?我们知道,要透析物流决策的复杂性不太容易,因为它往往是包含多重目标的多层次系统,而不同成本要素的总和应该力争最小化。解决物流问题的科学方法跟高水平的实践相结合,已经推动了一系列配送物流国际研讨会(International Workshops in Distribution Logistics, IWDL)的召开。本书精选出一部分 1998 年 5 月在意大利召开的 IWDL 大会上提交讨论的论文。

本书共分四章,每章包含 3 篇~5 篇论文,按物流问题的基本类型划分,即:(1)配送网络设计和定位问题;(2)具体的运输作业计划;(3)生产中心或仓库的内部作业问题;4、库存问题。编排方法依问题而有所变化,包括仿真模型、数学模型和随机模型等。论文的重点多在于对管理问题的描述,而不在于所使用的技术,其中两篇综述性文章对关注这一领域的研究人员给出了公开的讨论以及相关的参考文献。

在第 1 章,Daganzo 和 Erera 的论文针对一些作业环境不可能被准确模拟的情况,说明物流系统规划和设计中的问题。文章目的在于描述环境因素不确定性造成的困难,并提出分析不确定性影响的大致方法,两篇文章都是关于回程/反向物流。环境条件倍受人们关注,不是什么新问题。Bloemhof-Ruwaard, Fleischmann 和 vanNunen 等人的评论文章阐述

反向物流的主要问题和概念,特别关注物流网络的设计。文章从配送管理的角度思考反向物流,指出反向物流问题的具体特征,以及跟传统物流的关系。Krikke, Kooi 和 Schuur 等人的文章讨论反向物流中的一个具体问题,提出了反向物流系统物理网络结构设计的线性规划模型,同时给出了一个汽车工业中的应用案例。Feige, Klaus 和 Werr 等人的贡献跟德国在合作型网络设计——“决策支持系统”的发展经验有关,描述了系统中主要的单元和能用该系统说明的各种问题。Engeler, Klose 和 Stahly 讨论了瑞典一家大食品厂的补给站定位分拨问题,发现通过集中某些补给站和重构消费区便可节省配送成本。

第二章讨论运输过程中的战术性作业问题。给出一个网络结构,讨论如何组织网上的物流。从物流角度来看,运输成本只是成本因素之一,取决于运输决策跟其他决策的关系。Romero Morales, van Nunen 和 Romeijn 提出了在一个动态环境的物流网络中,运输、生产和操作成本最小化的模型。本章其他的文章都是有关运输和库存问题的,Bertazzi 和 Speranza 的调研文章,不但综述与分析了运输和库存方面的问题,并在原有模型特征的基础上做出了进一步的贡献。Fleischmann 则考查一些表面简单而实际上复杂的运输问题。如在一个物流环节中,对不同产品的稳定需求,运输必须严格守时,即在一天中一个确定的时间或者在一周内确定的一天。Bertazzi, Paletta 和 Speranza 的文章讨论了一个配送网络中运输和库存的问题,考虑单项成本因素,如运输成本和库存成本对总成本的影响。

第3章中,Der Meer 和 de Koster 给出了一个仿真模型,用来评价有多台装卸设备的内部运输行为。作者特别指出,集约化的分拨规则胜过分散的分拨规则。通过案例研究,De Koster, Roodbergen 和 van Voorden 发现,分拨中心好的线路优化算法能够减少行走时间和提货时间。Arbib, Ciaschetti 和 Rossi 的文章主要阐明生产工序,以一个实例讨论了制造系统中的物流分拨问题,提出了两个建模过程中不同精确度水平的模型。

第4章中,Kleijn 和 Dekker 讨论了单个区域的库存系统,那里顾客差异大,层级多,出库成本不一样,也许还要求不同类型的服务。Pesenti 和 Ukovich 讨论了不稳定周期性补货的问题,给出了一些能够分析处理的简单例子。

最后,感谢全体论文作者所作出的贡献。本书中所有提交的论文都经过审校,感谢编审人员的专业帮助,是他们保证了本书的出版质量。

M. Grazia Speranza 教授、博士,意大利 Brescia 大学
Päul Stähly 教授、博士,瑞士 S. Gallen 大学

目 录

第 1 章 仓库定位和网络设计	1
不确定环境下物流系统的规划与设计.....	1
C. F. Daganzo, A. L. Erera	
反向物流中的配送问题	15
J. M. Bloemhof-Ruwaard, M. Fleischmann, J. A. E. E. van Nunen	
反向物流网络设计:一个定量模型.....	30
H. R. Krikke, E. J. Kooi, P. C. Schuur	
设计合作配送网络时的决策支持	43
K. Engeler, P. Klaus, H. Werr	
作业外包情况下食品生产厂的补给站定位分拨问题	67
D. Feige, A. Klose, P. Stahly	
第 2 章 运输计划	79
动态环境中的物流网络设计评价	79
D. Romero Morales, J. A. E. E. van Nunen, H. E. Romeijn	
库存与运输成本最小化的模型与算法	95
L. Bertazzi, M. G. Speranza	
不连续发运时间的运输和库存规划.....	108
B. Fleischmann	
配送系统中物流成本最小化的决策战略.....	123
L. Bertazzi, G. Paletta, M. G. Speranza	
第 3 章 仓库作业	134
使用多功能装载机械进行库间装卸作业.....	134
J. R. van der Meer, R. de Koster	
减少比热卡夫配送中心内部的行走时间.....	149
R. de Koster, K. J. Roodbergen, R. van Voorden	
生产系统中的物料配送.....	164

C. Arbib, G. Ciaschetti, F. Rossi

第 4 章 库存控制	176
一个满足多层次需求的库存系统.....	176
M. J. Kleijn, R. Dekker	
不定的周期性补货.....	185
R. Pesenti, W. Ukovich	
分散递阶系统中的多目标定量配送.....	201
Ulrich Tüshaus, Christoph Wahl	

第 1 章 仓库定位和网络设计

不确定环境下物流系统的规划与设计

Carlos F. Daganzo, Alan L. Erer

[摘要] 本文针对一些作业环境不可能被准确模拟的情况,说明物流系统规划和设计中的问题,描述环境因素不确定造成的困难,提出分析不确定性影响的模型方法。

1 引言

本文的两个主要目的是:(1)描述不确定因素给物流系统规划与设计造成的困难;(2)提出系统分析不确定因素之影响的大致方法。并分别用两个例子予以说明。

人们知道,传统的数学分析方法,如数字优化和优化启发式,对于解决涉及确定数据的大规模运输/物流问题时非常有效,如车辆行驶路线[许多文献称作“VRP”问题,见 Fisher (1995),Bramel 和 Simchi-Levi(1997)的评论文章],航班飞机安排中的网络问题[见 Rushmeier 和 Kontogiorgis(1997),或 Hane 等人(1995)的研究],机组人员配对等[见 Vance 等人(1997)的研究]。

不幸的是,当物流规划与设计中的不确定因素成为主要问题时,则很难找出一种标准化的解决方案,解决效果也不会很好。传统的随机程序方法中,用期望值或百分比数值代替公式里的不确定值,这种方法仅仅在某些情况下才适用,不可能做到总是准确和切合实际。随机优化控制理论和动态规划方法可以较好地解决系统优化中的随机性问题,但可解决问题的范围极其狭窄。从现有的关于确定某一商店最优库存再订购策略的单纯问题的大量文献,可以看出由随机性所带来的困难,因此当你看到解决具有不确定因素的问题时总要求助于启发式公式,对此不要感到惊奇。

很清楚,如果一企业不能对给定的任务何时需要额外资源做出预测时,物流系统必然会有大量浪费,如保有大量的库存、使用不必要的大型车队等。面临的挑战是:需要确定必要冗余库存的最佳成本效益形式,以及可以利用的作业/控制策略。分析的目的是,用一个能适当捕捉不确定值的目标函数,开拓最大可能的系统设计空间。因为一般都可以精确查分析系统,所以本文建议,在开始具体的数理分析之前,应该用现有的模型系统地求解可能的冗余库存形式。

本文第2节中,首先用两个确定性例子,考察不确定性引起的问题。然后在第3节中描述传统的简化解法,提出可能的补救办法。最后,在第4节中给出进一步的建议。

2 确定性分析和不确定性

2.1 静态的车辆行驶线路问题(static vehicle routing problem, VRP)

车辆行驶线路问题包含许多变量,这里我们考虑运送小包装、尺寸多样、用户分散而车辆能力 V 一定时的运输成本最小化问题。假设运输成本是车队规模和总运距的线性函数。

现在我们假设这一问题涉及许多客户,有多条行驶路线,而且客户需求的货物要用不同车辆去运送。于是本例中一个有效的策略是,把服务区域分成不重叠的若干配送小区,每一小区的需求单元正好为 V (车辆能力)。把这些小区跟补给站连接,补给站的服务范围取决于当地客户的密度 δ ,如图 1-1(a)所示,然后确定一辆车在每一小区内的“周游”旅行路线策略[Daganzo(1984b)]。如果车辆走一圈,最后还剩一个客户所需的货物没有送到,则下一次旅行时要为该客户送货。如果配送小区划分比较合理,则车辆行驶路线(VRP)的距离可大致表达如下(Daganzo(1984b)):

$$2r\delta/C + 0.57\delta^{1/2} \quad (1)$$

上式表示每配送小区单元内的配送距离。式中 r 是配送小区中一个点到补给站的距离, C 是车辆平均停靠的次数,即 V 跟平均配送批量 v 之比。为表达清楚起见,我们假定 C 独立于区位,但 δ 可变。下面我们再来检查使用重叠小区的效果。

如果某一区域 A_3 由两个不同的配送车辆完成送货,如图 1-1(b)所示,计算方法会有所不同。应该把式(1)代入两个区 $A_1 \cup A_3$ 和 $A_2 \cup A_3$ 分别求解车辆 1 和车辆 2 的行驶距离,每次都要用到 A_3 区域内对应于配送车辆 1 和配送车辆 2 的客户分布密度。假设车辆 1 和车辆 2 在区域 A_3 内配送的客户密度分别是 $\delta_1 > 0$ 和 $\delta_2 > 0$ ($\delta_1 + \delta_2 = \delta$)。在这种情况下,总的运行距离总是超过非重叠的情况:

$$\Delta = \int_{A_3} 0.57[\delta_1^{1/2} + \delta_2^{1/2}] - (\delta_1 + \delta_2)^{1/2} da \geq 0 \quad (2)$$

式中 da 是面积的微分,可以看到 Δ 不会是负数, A_3 、 δ_1 和 δ_2 可自由选择。(2)式表明地理区域可接单台车辆配送服务的范围进行划分,但要保证事先确定每次配送中批量的完全信息。

如果制定配送计划时尚不能确定客户位置以及配送批量,则可采用固定区域战略,因为某些小区的需求可能超过车辆承运能力。配送计划取决于何时和如何得到批量信息,以及分拨员调度车辆的控制能力。研究人员曾经想说明当车辆到达后才能知道客户批量信息的问题。很不幸,所有的数学算法都是以作业条件或操作方式为基础的,而有些作业条件在 TSP 分式启发式算法中实际上是不可行的[Bertsimas(1992)],而当作业方式可行时,它又太严格而无法用于实践。就这些问题 Erera(1998)的研究中有更多的讨论。

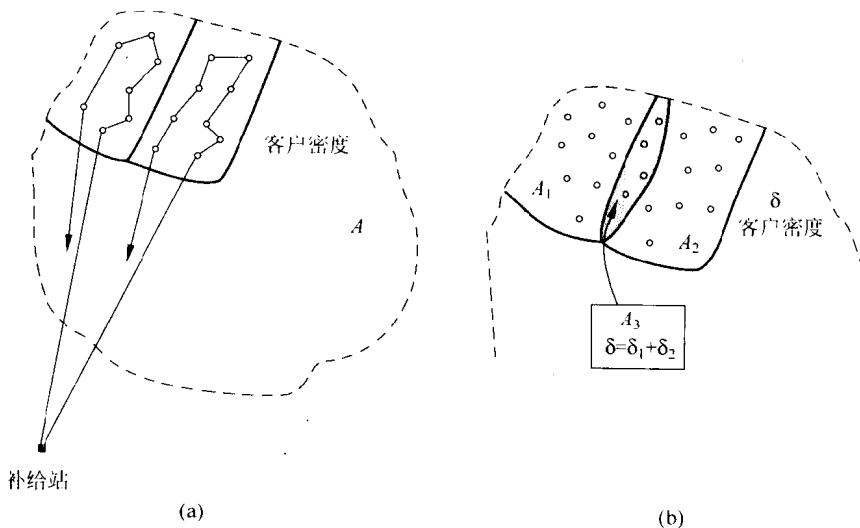


图 1-1 非重叠的(a)和重叠的(b)车辆行驶路线区域

车辆到达前,需求有时没法确定,这时我们可以设计配送区域,考虑使用载重较小的车辆($V < V$),以减少配送路径的重叠。然后用另外的“快扫”车辆为重叠区域的客户服务[见 Daganzo(1991)的研究]。Gendreau(1995)对这种规划方法进行了优化,但严格假定每一次补充送货旅行只为主配送旅行中未送达的客户服务。这类补充方法有不少,但都难以对数学模型进行优化。例如,部分补充方法是:(1)消除单次旅行限制;(2)如图 1 所示的那样设计重叠路线,允许车辆在部分区域交叉行驶;(3)命令有富裕能力的车辆在完成他们自己的送货任务后,再至重叠区域送货。或者采用(1)、(2)、(3)的部分或全部的组合。第 4 节将表明可以用分析模型作为一种评价工具。

2.2 仓库的“位置—库存—路径”问题

(The warehouse location-inventory-routing problem, WLIRP)

此例中是为了一组有时间要求的客户服务的问题,我们要确定货物从一个工厂出来后转运到多少个、分别是什么位置的仓库,如何安排从仓库出发的送货车辆的路线和时间计划等。目标是使运输、仓储和客户库存成本最小化。这是一个很普通的规划问题,来自 Clorox(消费品)和 Safeway(杂货店)之类的公司。如 Daganzo 和 Newell(1986)所解释的,需求已知时,这类问题的有效设计并不要求很多地理冗余,通过计算优化,就可能获得详细的设计,以下对此进行解释。

令 x_{ij} 为仓库 i 到消费者 j 的距离,如果从仓库 i 配送产品 d_{ij} 到消费者 j 的成本 c_{ij} 可表达为 $c_{ij} = A_j + B_j d_{ij} x_{ij}$,且跟配送到其他客户的其他产品的配送无关,从工厂 o 到仓库 i 的运输成本跟产品配送里程 $d_{wo} x_{wo}$ 成正比(从而成本 $= B'_w d_{wo} x_{wo}$),这时有有效的系统设计比较

容易。许多运输形式都可以用这两种成本表达式表示,即使有时候并不尽然。例如,如果从每一个仓库出发的配送都按照第 2.1 节所述条件的车辆行驶路线,则在 c_{ij} 表达式中, $A_j = 0.57\delta_j^{1/2}$, $B_i = 2/V_i$ (δ 和 V 带有下标 j 和 i , 表明这两个参数分别是随客户和仓库而变化的)。

本段的目的是要建立确定性问题的“简易性”,阅读时可以跳过,而不会损失连续性。为表达方便,假设所有仓库的配送车辆都在时间 $\{\tau\}$ 同时出发,送货工作一次性完成。^① 如果作为时间函数的客户需求总和 $D_j(t)$ 已知,两次连续的配送发车时间为 τ_{k-1} 和 τ_k ,则可为独立于仓库位置的时间间隔计算客户库存成本。^② 配送次数为 K ,则库存成本 $z^*(K)$ 可通过动态规划方法求解。反过来,所幸的是运输成本取决于 K 。我们再来定义指针决策变量 $\gamma_{ij}^{(k)}$,即当时段 k 内从仓库 i 往消费者 j 进行配送, $\gamma_{ij}^{(k)}$ 为 1,否则为 0。令 $d_j^{(k)} = D_j(\tau_k) - D_j(\tau_{k-1})$ 表示第 k 次配送中 j 的需求,那么在这次配送中对客户 j 的运输成本为:

$$\sum_i \gamma_{ij}^{(k)} (A_j + B_i d_j^{(k)} x_{ij} + B'_i d_j^{(k)} x_{i0}) \quad (3)$$

对所有的 j 和 k 求和即为总的运输成本。从(3)式可以看出,对于固定的仓库位置 x 的集合和 d 的集合(分拨配货),设 $\gamma_{ij}^{(k)} = 1$ (对仓库 i),这时 $B_i x_{ij} + B'_i x_{i0}$ 最小,于是总的运输成本最小。因此,公式(3)中可以用 γ_{ij} 代替 $\gamma_{ij}^{(k)}$ 。可以看到, $\sum_k d_j^{(k)} = D_j(\tau_{end})$ 是一个常量,于是全部时间段内对所有客户的运输总成本公式可简化为:

$$\sum_j \sum_i \gamma_{ij} (KA_j + B_i D_j(\tau_{end}) x_{ij} + B'_i D_j(\tau_{end}) x_{i0}) \quad (4)$$

还可进一步简化为:

$$\sum_j \sum_i \gamma_{ij} (B_i D_j(\tau_{end}) x_{ij} + B'_i D_j(\tau_{end}) x_{i0}) + K \sum_j A_j \quad (5)$$

对于所有的 j , $\sum_i \gamma_{ij} = 1$ 。因为仓库数是一个变量,为求解这一设计问题,应该在式(5)中增加代表开放不同位置 i 仓库的固定成本项。对于固定的 K , (5) 式中的最后一项可以忽略,目标函数的其余部分成为标准的可变仓库数条件下的分拨问题,而且这时问题容易求解,计算成本为 c^* , 因此对于总的配送次数 K , 求解 $z^*(K) + K \sum_j A_j + c^*$ 的最小值成为一件简单的事情。

客户需求的不确定性和在不确定性需求时进行控制决策,都使得事情复杂化了。除了上面考虑的决策变量,还需要为仓库确定适当的安全库存水平,以适应订货期内的需求波动。任何给定时间内的库存都可以用来确定,是否或如何调整基本订单安排和仓库—客户位置。很不幸,对它的优化和近似优化方法还没有解决。

对于这一问题的一个简单方法是,假定仓库—客户位置(用 L 表示)固定,允许根据订

① 这些假设可以进一步展开,但那超出了本文讨论的范围。

② 仓库库存可能为负值,因为需求预先给定,内部运送可能要求即时到达,仓库内部会有交叉堆码。

单频次或批量大小动态地对仓库补货,以适应需求的变化。Daganzo 和 Newell(1986)提出了一种确定性问题,如图 1-2 所示。这是一个可能的系统服务区域划分方案,这种方法中,没有区域重叠部分,仓库都在小区中心,能够独立控制,影响区内的所有客户都由该区域内的仓库进行分拨配送。每一仓库的安全库存都为不确定性提供了缓冲作用。这一格局下的设计和评价都可容易实现[见 Daganzo(1991)的研究成果]。

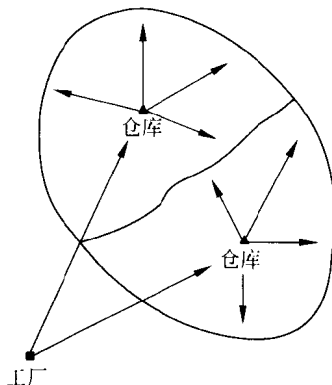


图 1-2 中心仓库式影响区域

在分拨过程中,有一种普遍使用但比较复杂的方法(Cheung 和 Powell(1996)提出),把客户分拨按取决于库存位置的控制变量来看待。客户配送可以由一个以上的仓库完成,很明显,可以以更高的运输成本为代价来减少安全库存。很不幸,Cheung 和 Powell(1996)的公式是不现实的,因为它要求系统的最终状态不等于初始状态,忽视了将来可能会发生的成本。因为这些东西难以量化,所以不引进启发式的常量,这一问题就无法解决。以下第 3 节将介绍一种不同的方法。

2.1 节说明随机性造成的困难,上节又描述了另一个想要设计长期动态战略时的困难。其实,随着时间的发展和新信息的获得,战略可以进行调整。对空间的考虑要求我们讨论更复杂的系统,例如具有不确定性的“多对多”航空网络。应该很清楚,这些例子中的困难是相同的,Erera(1998)对此进行了更详细的讨论。通过以下的简化分析将有助于对问题的理解和认识其技术特性。

3 处理不确定性

3.1 传统方法

图 1-3 是一个具有不同成分的物流流程图。决策变量属于“设计”或“控制”类,设计变量 D ,包括位置、仓库数目,在研究开始时就选择确定。控制变量 U ,包括配送时间和订货数量,需要在系统运作中根据战略 S 的内容进行动态选择,要保证系统的历史信息能够充分

地得到。诸如运筹学或随机优化控制理论这样的优化工具可用来解决一个系统设计的控制问题。

如果顺利,可以求得数学表达式(或称策略) $S^*(D)$,即最佳可能的动态控制集。任何其他战略 S 中的期望成本 $\langle c_0(D, S) \rangle$ 总是大于或等于按策略 $S^*(D)$ 运作时的期望成本。最小期望成本可用 $R(D)$ 表示,按随机方程类推,可称作原函数。

图 1-3 还表明:(1)存在固定设计成本 $c_f(D)$;(2)问题的目标是要寻找最佳的设计/控制组合;(3)可通过两步过程来实现。这一过程的内环中有 $S^*(D)$ 和 $R(D)$ 。

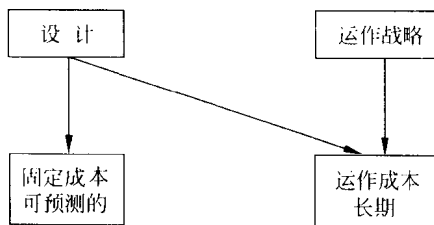


图 1-3 物流问题构成要素

如果控制策略集很广泛,控制问题得到优化解决,那么经验表明,设计原函数总是:(1)很难获得;(2)关于 D 的外部优化环境不很理想。

据此,有必要通过限制控制策略子集的搜索范围来简化控制问题。如果限制集的元素可用数字参数 P 表示,则会特别有用,因为就可用常函数 $\langle C_0(D, P) \rangle$ 代替 $\langle c_0(D, S) \rangle$ 。在库存控制理论中有一个参数化的例子,所谓的 (s, S) 集被用作所有可能策略集的代理。^①当然,我们应该确定,可能的控制策略子集包括有效的近似优化策略,函数 $\langle C_0(D, P) \rangle$ 有满意的优化形式。但完成这一目标的简化方法一般不易找到。

因此,我们总想简化设计问题,同时保证在公式中的余量合理。一个好的方法需要考虑问题的对称性,以减少设计/控制问题中的决策变量数。能精确求解的理想问题,要通过设计变量来简化,而不会消除有用项目。选择适当的理想化问题是一种艺术,而不仅仅是一门科学,这一点极其重要。适当的简化可以帮助我们消除对明显不适合给定案例的余量的进一步考虑,用这种方法,可以使不太理想的设计问题缩小到一个可管理的水平。以下两节描述两个可用来考虑 2.1 和 2.2 所提出问题的理想模型,它们将有助于确定非理想问题的设计方针。

3.2 不确定需求下的静态 VRP

一定的简化可用来考察不明确需求时的静态 VRP 设计。在 2.1 节里讨论的三种设计中,我们选择(1),见图 1-4。确定最初的配送区 A 是一个设计问题,选择车辆行驶路线是控

^① (s, S) 策略由两个参数描述:再订货点和固定的再订货量。

制问题。如果客户位置已知,最初车辆行驶路线的选择就是一个设计问题的部分,否则就是控制问题的部分。这里我们假设位置已知,方法有些变化,主要的问题是选择配送区域 $A = |A|$ 的大小,因为这解决了主要的和次要的配送成本间的平衡。以下我们来说明一个简化连续模型如何帮助完成设计。

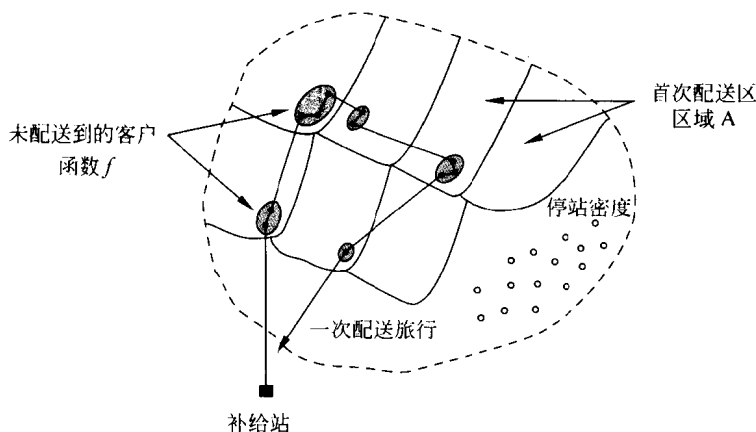


图 1-4 VRP(UD)主/次作业策略

除了 2.1 中的解释,我们令 μ 为客户批量大小的变量系数,如果配送区域跟中心限制原则规定的差不多(例如每次旅行有更多的停点),那么在一个区域内货物缺项是正态随机变量的非负部分,正如著名的“报童问题”。对我们的问题来说,不难看出,溢出货物 f 取决于 α 和 β 两个参数:

$$a^2 = \mu^2 / (\delta A), \quad \beta = (V/v) / (\delta A) \quad (6)$$

第一式是系数变量的平方与区域内停站数之比,第二式是卡车平均停站数与实际停站数之比。函数 f 可表达为:

$$f = a\Psi((\beta-1)/a) \quad (7)$$

$\Psi(z)$ 是常数 c. d. f. 的积分(累积分布函数), Φ 从 $-\infty$ 到 $-z$ 。如图 1-5(a) 所示,此函数递减,无限趋近于 0;可用标准正态密度函数 $\Phi(z)$ 和 c. d. f. 表示: $\Psi(z) = \Phi(z) - z\Phi(-z)$ 。如果客户批量相互独立,跟卡车大小无关,则 f 大致等于没有服务到的客户,因此, $f\delta$ 就是第二次送货的客户密度。可以注意到,(6)、(7)式中包含 $f = F(A)$,其反函数是 $A = G(f)$,如图 1-5(b) 所示。因此,可以在以下的处理中用 f 代替 A 作为决策变量。

如果二级停站均匀分布,而不像图 1-4 所示的那样集中分布,则我们可以为第一次和第二次旅行写出总行驶距离的表达式(假如聚集效应很小,可忽略不计)。对第二次旅行中服务的每一个客户加一个服务水平系数 k ,则对每一个单元区域有 $kf\delta$,则每一单元面积的距離为:

$$2r/G(f) + 2r(\delta/C)f + 0.57\delta^{1/2}[1 - f]^{1/2} + f^{1/2}] + kf\delta \quad (8)$$