

物流系统 优化与仿真

高等院校物流管理与工程专业规划教材

WuLiuXiTongYouHuaYuFangZhen

在经济全球化和信息化的背景下,学习和研究现代物流并推动其加快发展
具有重大的战略意义

现代物流成为企业“第三利润源”

本套丛书反映了最先进的物流基础理论研究与实践

彭 扬 伍 蓓/著

中国物资出版社

物流系统 优化与仿真

中国物流学会物流工程分会学术委员会编委会

物流系统优化与仿真的应用案例
物流系统优化与仿真的应用案例
物流系统优化与仿真的应用案例
物流系统优化与仿真的应用案例

中国物流学会

高等院校物流管理与工程专业规划教材

物流系统优化与仿真

彭 扬 伍 蓓 著

中国物资出版社

图书在版编目(CIP)数据

物流系统优化与仿真/彭扬,伍蓓著. —北京:中国物资出版社,2007.1

高等院校物流管理与工程专业规划教材

ISBN 978-7-5047-2575-2

I. 物… II. ①彭…②伍… III. ①物流—系统工程—最佳化—高等学校—教材②物流—系统工程—仿真—高等学校—教材 IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 148130 号

责任编辑 钱 瑛

责任印制 方朋远

责任校对 孙会香

中国物资出版社出版发行

网址:<http://www.clph.cn>

社址:北京市西城区月坛北街 25 号

电话:(010)68589540 邮编:100834

全国新华书店经销

利森达印务有限公司印刷

开本:787×1092mm 1/16 印张:24.5 字数:491 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5047-2575-2/F·1056

印数:0001—3000 册

定价:38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

内 容 提 要

物流系统优化是实现物流管理目标、体现物流管理效率与效益的必要过程和手段。物流系统优化主要有运筹学方法、智能优化方法和模拟仿真法三种方法。运筹学优化方法一般是建立在一个物流系统的数学模型基础之上的,智能优化方法为复杂物流管理决策问题提供了重要的可行性解决方案。系统仿真是根据被研究的系统模型,利用计算机进行实验研究的方法,目前仿真技术是分析、研究复杂物流系统的重要工具,也成为物流工程技术人员的一项重要技能。

本书共分12章,力求从物流系统优化与仿真的各个方面进行比较全面的介绍。即强调优化和仿真的方法学和技术,又立足于物流系统的管理决策问题的解决。在知识体系上:“横向”方面从传统的运筹规划方法、排队存储论方法、系统动力学方法到现代智能优化方法以及 Petri 网、多 Agent、面向对象等仿真方法的介绍;“纵向”方面主要是物流系统的一些应用问题,如物流网络布局问题、车辆路径问题、装卸搬运问题、区域物流宏观规划问题以及供应链系统设计问题等。同时也对当前流行的一些物流仿真软件进行了比较详细的介绍和分析。

本书可供物流管理与工程、工业工程、系统工程等专业的高年级本科生或研究生作为教材或参考书,也可供上述领域的工程技术人员阅读参考。

前 言

方兴未艾的中国物流行业正处于百舸争流、千帆竞发的局面,物流以及供应链领域的理论与实践研究也呈现出前所未有的蓬勃发展势头。众所周知,物流系统要求在一定条件下,达到物流总费用最省、顾客服务水平最好、全社会经济效益最高的综合目标。而由于物流系统包含多个约束条件和多重因素(变量)的影响,难以达到最优状态,所以便产生了物流系统的优化问题。对于大多数的企业来说,物流系统优化也正是其降低供应链运营总成本的最显著的商机所在。但是,物流系统优化过程不仅要投入大量的资源,而且是一项需要付出巨大努力、克服重重困难和精心管理的过程。物流系统优化方法主要有运筹学方法、智能优化方法和模拟仿真法三种方法。

物流系统中许多管理决策问题一般可以形式化表示为一个最优化模型,因此可以用一些传统的运筹学方法求解。但是,由于许多问题的复杂性,导致许多模型建立和求解十分困难,常规方法往往难以解决或者效率较低,因此又提出了物流系统的智能优化问题,即把智能算法引入到物流领域,而这也正是近年来学术界异彩纷呈的一块天地,物流学科的综合性和先进性也因此可见一斑。

系统仿真是根据被研究的系统的模型,利用计算机进行实验研究的一种方法,仿真技术是分析、研究各种复杂系统的重要工具。物流系统是企业生产的一个重要组成部分,物流合理化是提高企业生产率的重要方法之一。系统仿真技术能够在系统规划、运作等物流管理的各个层面进行仿真分析、评价和对比不同的系统方案,达到系统优化的目的。根据国外应用经验,应用仿真分析方法改进物流系统方案后可使总投资减少30%左右。因此,对物流系统的设计和仿真的研究,已经日益受到普遍的关注和重视,物流系统的仿真优化技术也日益成为物流系统工程技术人员必备技能之一。

近几年,在物流系统优化与仿真领域,国内外出现了许多的研究与实践成果,但较少有相关的书籍予以介绍。作者认为基于已有的积累和现实的需要,有必要以比较系统的方式介绍物流系统优化方法与仿真技术,以期对从事物流系统工作的读者有所启发和帮助。

本书第1、2章对物流系统优化、系统模型的一些概念和方法进行综合性的介绍;第3、4章对运筹规划方法、智能优化方法进行探讨,在智能优化方法部分介绍了禁忌搜索、人工神经、模拟退火、遗传算法以及群体智能技术等物流系统优化中的应用;第7章介绍的排队与存储模型也可作为对运筹优化方法的补充介绍;第5、6、8、9章分别对一些仿真方法,包括基本的离散事件仿真方法、系统动力学方法、Petri网技术、面向对象方法、多Agent模型技术以及其他相关仿真技术等介绍;第10章研究了供应链系统的仿真应用;第11章对博弈理论在供应链系统建模应用也进行了介绍;第12章列举了目前一些流行的物流系统仿真软件。

本书由浙江工商大学彭扬、伍蓓撰写,具体分工如下:彭扬撰写了第1~7章和第11、12章,伍蓓撰写了第8、9、10章,最后全书由彭扬统稿。本书在撰写过程中参考了大量的研究成果和许多专家学者的资料,已尽量在参考文献中列出,在此谨对他们致以诚挚的感谢。同时,中国科技大学的陈华平教授,浙江工商大学的凌云教授、陈子侠教授、傅培华副教授等都给予本书有益的指导和帮助,钱叶梅老师进行了大量的外文资料整理和翻译工作,在此一并表示感谢。

由于作者水平和精力有限,许多内容未能完善和进一步深入,也无可避免地会出现一些疏忽和谬误。本书的付梓权作抛砖之举,期望更多的“美玉”之作出现。欢迎读者给予批评指正,也希望与同行们进行更多的交流和探讨(联系邮箱:pengyang@mail.zjgsu.edu.cn)。

作 者

2006年10月于浙江工商大学

目 录

第1章 物流系统优化概述	(1)
1.1 物流系统	(1)
1.1.1 系统及其特征	(1)
1.1.2 物流系统的概念和要素	(2)
1.1.3 物流系统化	(7)
1.2 物流系统优化问题	(9)
1.2.1 物流系统的效益目标	(9)
1.2.2 物流系统优化的必要性	(10)
1.2.3 系统优化设计	(11)
1.2.4 物流系统优化的原则	(13)
1.2.5 物流系统优化的层次	(16)
1.3 物流系统优化的方法	(16)
1.3.1 运筹学方法	(17)
1.3.2 智能优化方法	(20)
1.3.3 模拟仿真法	(22)
1.3.4 物流系统优化方法的比较	(27)
第2章 物流系统模型	(29)
2.1 模型概述	(29)
2.1.1 模型的分类	(29)
2.1.2 数学模型的意义	(32)
2.1.3 系统模拟技术的优点	(33)
2.1.4 系统模型模拟的特殊作用	(34)
2.2 物流系统模型	(35)
2.2.1 物流系统模拟技术的应用	(35)
2.2.2 物流系统模型的特点	(37)
2.2.3 物流系统常用的数学模型	(37)
2.2.4 物流模型构建的原则	(39)
2.3 建模方法与步骤	(40)
2.3.1 系统建模方法	(40)
2.3.2 物流系统模型建立步骤	(42)

2.3.3 系统模拟遵循的总体工作流程	(43)
2.3.4 物流系统建模应注意的几个问题	(44)
2.4 物流系统建模技术	(46)
第3章 物流系统优化的运筹规划方法	(52)
3.1 概述	(52)
3.1.1 物流系统数学模型构建和模拟过程	(52)
3.1.2 运筹学规划论模型	(54)
3.1.3 几个物流系统数学模型的例子	(58)
3.2 求解方法	(61)
3.2.1 单目标优化问题求解算法	(61)
3.2.2 多目标函数的优化方法	(65)
3.2.3 整数规划及求解	(68)
3.2.4 动态规划法	(72)
3.2.5 图与网络优化算法	(74)
3.3 物流网络布局问题的建模与求解	(80)
3.3.1 概述	(80)
3.3.2 多元网点布局问题	(82)
3.3.3 设施容量问题(CFLP法)	(85)
第4章 物流系统模型的智能优化方法	(91)
4.1 智能优化方法概述	(91)
4.1.1 优化算法及其分类	(91)
4.1.2 智能优化算法的概念	(92)
4.1.3 智能优化的研究意义	(95)
4.2 人工神经网络	(96)
4.2.1 人工神经网络概述	(96)
4.2.2 人工神经网络的数学模型及应用	(99)
4.3 禁忌搜索	(100)
4.3.1 禁忌搜索算法的主要构成	(101)
4.3.2 禁忌搜索算法流程	(104)
4.4 遗传算法	(104)
4.4.1 进化计算与遗传算法概述	(104)
4.4.2 基本遗传算法	(106)
4.4.3 基本遗传算法的一般框架	(107)
4.4.4 遗传算法的应用	(109)

4.5 模拟退火算法	(111)
4.5.1 模拟退火算法的模型	(111)
4.5.2 模拟退火算法的应用	(112)
4.5.3 模拟退火算法的参数控制问题	(113)
4.6 群体智能方法	(114)
4.6.1 蚁群算法	(114)
4.6.2 粒子族群优化算法 PSO	(116)
4.7 车辆路径问题模型及求解	(119)
4.7.1 车辆路径问题的一般描述与问题分类	(120)
4.7.2 求解算法综述	(122)
4.7.3 C - W 算法	(123)
4.7.4 车辆路径问题的禁忌算法设计	(124)
4.7.5 神经网络算法	(126)
4.7.6 遗传算法	(126)
第5章 物流系统仿真应用基础	(129)
5.1 系统仿真基础	(129)
5.1.1 连续系统仿真方法	(130)
5.1.2 离散事件系统仿真方法	(132)
5.1.3 数据输入分析	(138)
5.1.4 随机变量及其生成方法	(143)
5.2 仿真方法在物流系统中的应用	(147)
5.2.1 应用仿真技术的几个方面	(147)
5.2.2 物流系统仿真的应用意义	(148)
5.2.3 物流系统仿真类型	(149)
5.2.4 物流系统仿真的主要步骤	(150)
5.2.5 物流系统仿真模型的确认	(153)
5.3 运输与装卸系统仿真	(155)
5.3.1 概述	(155)
5.3.2 仿真示例	(155)
5.3.3 用事件法描述装运系统	(159)
5.3.4 装运系统试验设计	(162)
第6章 物流系统动力学仿真	(167)
6.1 系统动力学方法	(167)
6.1.1 什么是系统动力学	(167)

6.1.2	系统动力学模型特点与建模步骤	(168)
6.1.3	系统动力学模型结构	(170)
6.1.4	系统动力学流程	(175)
6.1.5	系统动力学模型方程体系	(176)
6.2	物流系统动力学应用	(178)
6.2.1	概述	(178)
6.2.2	物流系统动力学因果分析	(179)
6.2.3	物流系统动力学结构方程式	(180)
6.2.4	DYNAMO 仿真计算	(182)
6.2.5	物流系统动力学模型建模步骤	(188)
6.3	区域物流系统动力学模型设计	(188)
第7章	排队模型与存储模型及应用	(195)
7.1	排队系统模型	(195)
7.1.1	排队系统的特征	(195)
7.1.2	排队系统模型符号	(196)
7.1.3	顾客到达和服务的时间分布	(197)
7.2	基于排队系统的建模与仿真	(198)
7.2.1	排队系统的常用模型	(198)
7.2.2	物流排队系统仿真应用处理过程	(203)
7.3	存储论模型及应用	(204)
7.3.1	存储论的基本思想	(204)
7.3.2	确定型存储控制模型	(205)
7.3.3	随机型存储控制型模型	(210)
7.4	应用库存模型进行库存规模决策	(212)
第8章	Petri 网模型及仿真	(216)
8.1	Petri 网模型基础	(216)
8.1.1	Petri 网模型元素介绍	(216)
8.1.2	Petri 网的形式化描述	(218)
8.1.3	Petri 网的分析方法	(220)
8.1.4	几种典型高级 Petri 网	(222)
8.1.5	Petri 网模型应用中的缺陷	(223)
8.2	Petri 网模型在物流中的应用	(224)
8.2.1	Petri 网的应用	(224)
8.2.2	Petri 网模型的基本结构	(225)

8.2.3 一个简化的物流系统建模实例	(226)
8.3 面向对象信息系统建模语言 UML	(229)
8.3.1 UML 介绍	(229)
8.3.2 基于 UML 的物流信息系统建模举例	(233)
8.3.3 Petri 网与 UML 比较与结合应用	(237)
第 9 章 物流系统仿真方法的发展	(239)
9.1 计算机仿真技术的发展趋势	(239)
9.2 物流系统的多 Agent 建模与仿真	(241)
9.2.1 Agent 的定义与结构	(241)
9.2.2 多 Agent 间的协作机制	(244)
9.2.3 Agent 技术应用	(246)
9.2.4 物流信息系统中多 Agent 体系结构模型	(247)
9.2.5 企业物流信息系统中的 Agent 组成	(250)
9.3 面向对象的仿真系统	(254)
9.3.1 面向对象的思想和方法	(254)
9.3.2 面向对象仿真建模过程	(256)
9.4 物流系统仿真技术展望	(257)
9.4.1 计算机仿真的核心技术	(257)
9.4.2 智能优化算法的发展	(258)
9.4.3 计算机仿真软件及技术的发展	(259)
9.4.4 物流系统仿真技术的后续研究热点	(264)
第 10 章 供应链系统仿真优化	(267)
10.1 供应链管理	(267)
10.1.1 供应链管理的概念	(267)
10.1.2 供应链优化的目标	(269)
10.1.3 供应链结构模型与特点	(269)
10.2 供应链建模	(273)
10.2.1 供应链建模的研究综述	(273)
10.2.2 供应链管理决策与供应链模型	(274)
10.2.3 供应链系统建模方法	(275)
10.2.4 供应链的建模原则	(281)
10.3 企业供应链系统仿真优化应用	(283)
10.3.1 ARIS 理论与建模基础	(283)
10.3.2 某企业供应链系统概述	(286)

10.3.3	流程仿真与优化分析	(289)
10.3.4	业务流程调整与优化	(297)
10.3.5	小结	(303)
第 11 章 博弈论及其在供应链中的应用		(304)
11.1	博弈论概述	(304)
11.1.1	博弈论的发展历程	(304)
11.1.2	博弈的要素	(306)
11.1.3	博弈的分类	(307)
11.1.4	合作与非合作博弈论	(309)
11.1.5	重复博弈	(310)
11.2	基于博弈论的供应链库存问题研究	(311)
11.2.1	引言	(311)
11.2.2	供应链中的库存问题博弈分析	(315)
11.2.3	供应链库存博弈中的协调	(322)
11.2.4	小结	(328)
第 12 章 仿真工具与软件应用		(329)
12.1	仿真软件的发展及应用概括	(329)
12.1.1	早期数学软件包的发展概况	(329)
12.1.2	物流仿真软件包的发展概况	(332)
12.2	AutoMod 软件	(333)
12.2.1	AutoMod 简介	(333)
12.2.2	AutoMod 软件的功能与特点	(336)
12.3	Flexsim 软件	(337)
12.3.1	Flexsim 简介	(337)
12.3.2	Flexsim 提供的基本元素	(338)
12.3.3	一个简单的 Flexsim 模型应用示例	(339)
12.3.4	Flexsim 的功能与特点	(349)
12.4	Extend 软件	(351)
12.4.1	Extend 简介	(351)
12.4.2	Extend 软件的功能与特点	(352)
12.5	Arena 软件	(354)
12.5.1	Arena 简介	(354)
12.5.2	Arena 的基本功能	(355)
12.5.3	Arena 的特点	(355)

12.6	RaLC 软件	(356)
12.6.1	RaLC 简介	(356)
12.6.2	RaLC 软件的功能与特点	(358)
12.7	Matlab/Simulink 软件	(362)
12.7.1	Matlab 软件概述	(362)
12.7.2	MATLAB 的基本组成	(363)
12.7.3	SIMULINK 介绍及建模方法	(364)
12.7.4	Matlab 软件的功能与特点	(366)
12.8	主流仿真软件比较	(368)
12.8.1	基本信息	(368)
12.8.2	仿真软件的比较与评价	(369)
12.8.3	物流仿真软件的发展趋势	(371)
参考文献		(373)

第1章 物流系统优化概述

物流系统是在一定的时间和空间里,由运输、仓储、包装、搬运、流通加工、信息处理等若干相互制约的动态要素所构成的具有特定功能的有机整体,物流系统的目的是实现物资的空间效益和时间效益,在保证社会再生产顺利进行的前提条件下,实现各种物流环节的合理衔接,并取得最佳的经济效益。综合优化原则应贯穿物流系统的始终,优化物流运作是当前公司降低成本、实现物流目标的有效手段。本章概述了物流系统优化的相关概念,并就物流优化的主要方法进行了综合性的介绍。

1.1 物流系统

1.1.1 系统及其特征

在自然界或人类社会中,任何事物都是以系统的形式存在的。任何一个要研究的问题或对象都可以看成是一个系统。人们在认识客观事物或改造客观事物的过程中,用综合分析的思维方式看待事物,根据事物内在的、本质的、必然的联系,从整体的角度对事物进行分析和研究,这类事物就被看做一个系统。

1. 系统的定义

系统思想古已有之,但是真正将系统作为一个重要的科学概念予以研究的,则始于1937年的奥地利理论生物学家冯·贝塔朗菲(Ludwing Von Bertalanffy)。到目前为止,系统的确切定义依照不同学科、不同使用方法和针对的不同问题而有所区别。国外关于系统的定义不下40个。我国系统科学界对系统的通用定义是(钱学森):

系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体,而且这个整体又是它从属的更大的系统的组成部分。输入、处理(转换)、输出是组成系统的三大要素,如图1—1所示。换句话说,系统是同类或相关事物按一定的内在联系组成的整体。相对于环境而言,系统具有一定的目的和功能,并具有相对独立性。

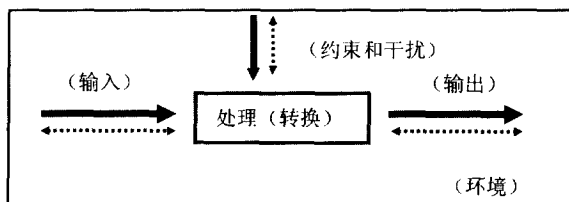


图 1-1 系统的一般模式

日常生活中，系统随处可见，自然界和人类社会中的很多事物都可以看做系统。同时，系统是有层次的，大系统中包含着小系统。大系统有大系统的规律，小系统不仅要从属于大系统，服从大系统的规律，而且本身又有特定的规律性。

2. 系统的特征

作为一个系统，应当具备四个基本特征：

（1）整体性。系统是由两个及两个以上有一定区别又有一定联系的要素组成的。系统的整体性就主要表现为系统的整体功能。系统的整体功能不是各组成要素的简单叠加，而是呈现出各组成要素所没有的新功能，概括的表述就是“整体大于部分之和”。

（2）相关性。各要素组成系统，是因为它们之间存在着相互联系、相互作用、相互影响的关系。这个关系不是简单的加和，有可能是互相增强，也有可能是互相减弱。对于一个有效的系统，各要素之间应具有互补性，使系统保持稳定，具有生命力。

（3）目的性。系统具有能使各个要素集合在一起的共同目的，而且人造系统通常具有多重目的。例如企业的经营管理系统，在有限的资源和现有职能机构的配合下，它的目的就是完成了或超额完成生产经营计划，实现规定的质量、品种、成本、利润等指标。

（4）环境适应性。环境是系统外的事物（物质、能量、信息）的总称。相对于系统而言，环境是一个更高级的复杂的系统。系统时刻处于这个环境之中，与环境相互依存。因此，系统必须适应外部环境的变化，能够经常与外部环境保持最佳的适应状态，才能生存和发展。

1.1.2 物流系统的概念和要素

1. 物流系统的概念

物流系统是由物流各要素所组成的，要素之间存在有机联系并使物流总体功能合理化。物流系统的目的是实现物资的空间效益和时间效益，在保证社会再生产顺利进行的前提条件下，实现各种物流环节的合理衔接，并取得最佳的

经济效益。物流系统是社会经济大系统的一个子系统或组成部分。

物流系统和一般系统一样，具有输入、转换、输出三要素。通过输入和输出使系统与社会环境进行交换，使系统和环境相依存，如图 1—2 所示。

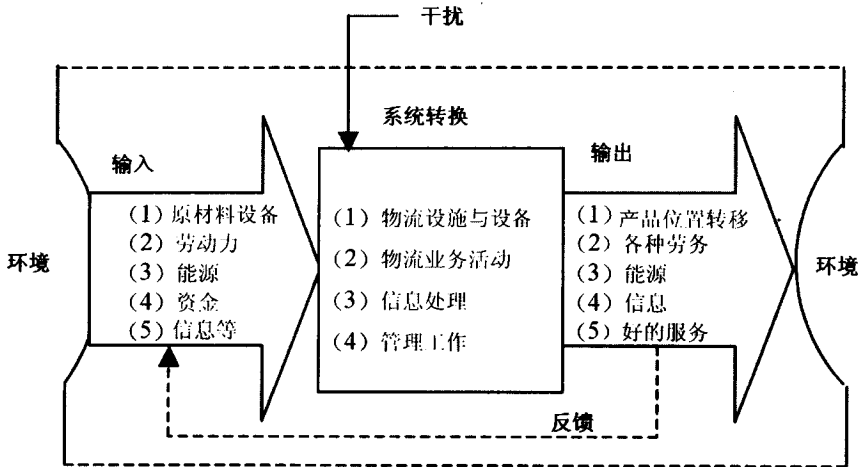


图 1—2 物流系统的一般模型

(1) 输入。也就是通过提供资源、能源、设备、劳力等手段对某一系统发生作用，统称为外部环境对物流系统的输入。包括原材料、设备、劳力、能源等。

(2) 处理（转换）。它是指物流本身的转换过程。从输入到输出之间所进行的生产、供应、销售、服务等活动中的物流业务活动称为物流系统的处理或转化。具体内容有：物流设施设备的建设；物流业务活动，如运输、仓储、装卸搬运、包装、流通加工；信息处理及管理工作等。

(3) 输出。物流系统与其本身所具有的各种手段和功能，对环境的输入进行各种处理后所提供的物流服务称为系统的输出。具体内容有：产品位置与场所的转移；各种劳务，如合同的履行及其他服务等。

(4) 限制或制约。外部环境对物流系统施加一定的约束称之为外部环境对物流系统的限制和干扰。具体有：资源条件，能源限制，资金与生产能力的限制；价格影响，需求变化；仓库容量；装卸与运输的能力；政策的变化等。

(5) 反馈。物流系统在把输入转化为输出的过程中，由于受系统各种因素的限制，不能按原计划实现，需要把输出结果返回给输入，进行调整，即使按原计划实现，也要把信息返回，以对工作做出评价，这称为信息反馈。信息反馈的活动包括：各种物流活动分析报告；各种统计报告数据；典型调查；国内外市场信息与有关动态等。