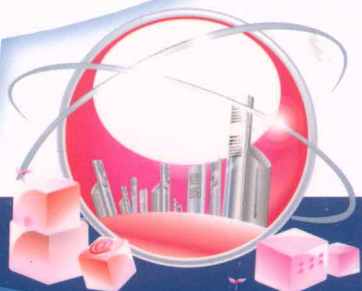




21世纪全国高等院校物流专业创新型应用人才培养规划教材

物流系统优化建模与求解

李向文 主 编



LOGISTICS

- ☑ 融入多年教学和科研积累的经验
- ☑ 全面阐述物流系统优化建模与求解
- ☑ 大量生动案例有效激发学习兴趣
- ☑ 丰富多样题型巩固相关理论知识



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校物流专业创新型应用人才培养规划教材

物流系统优化建模与求解

李向文 主 编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书在整体结构上可以分为两大部分。第一部分即第1章—第6章,主要讨论物流系统优化问题的提出与描述,并介绍运筹学自然语言 NCL 与 POEM 优化平台。除介绍了物流系统优化的一般知识,如仓库选址、VRP、PDP、APS 等外,还重点介绍了运筹学自然语言 NCL 与 POEM 优化平台的物流优化功能及优化工具的使用。第二部分即第7章—第11章,主要介绍针对 VRP、PDP、WLP、APS、MMTP 等实际物流系统优化及典型运筹学优化问题的建模与求解具体方法。

本书可作为高等院校物流工程和物流管理及其相关专业本科生和研究生的教材,也可作为企业和社会培训人员的参考书籍,还可供从事物流技术或管理工作的专业人员参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

物流系统优化建模与求解/李向文主编. —北京:北京大学出版社, 2013.3

(21 世纪全国高等院校物流专业创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-22115-0

I. ①物… II. ①李… III. ①物流—系统优化—高等学校—教材 IV. ①F253.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 026498 号

书 名: 物流系统优化建模与求解

著作责任者: 李向文 主编

策划编辑: 李 虎 刘 丽

责任编辑: 刘 丽

标准书号: ISBN 978-7-301-22115-0/U · 0089

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电子信箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京世知印务有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.75 印张 358 千字

2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高等院校物流专业创新型应用人才培养规划教材

编写指导委员会

(按姓名拼音顺序)

主任委员	齐二石			
副主任委员	白世贞	董千里	黄福华	李向文
	刘元洪	王道平	王海刚	王汉新
	王槐林	魏国辰	肖生苓	徐 琪
委 员	曹翠珍	柴庆春	丁小龙	冯爱兰
	甘卫华	高举红	郝 海	阚功俭
	李传荣	李学工	李晓龙	李於洪
	林丽华	刘永胜	柳雨霁	马建华
	孟祥茹	倪跃峰	乔志强	汪传雷
	王 侃	吴 健	易伟义	于 英
	张 军	张 浩	张 潜	张旭辉
	赵丽君	赵 宁	周晓晔	周兴建

丛书总序

物流业是商品经济和社会生产力发展到较高水平的产物，它是融合运输业、仓储业、货代业和信息业等的一种复合型服务产业，是国民经济的重要组成部分，涉及领域广，吸纳就业人数多，促进生产、拉动消费作用大，在促进产业结构调整、转变经济发展方式和增强国民经济竞争力等方面发挥着非常重要的作用。

随着我国经济的高速发展，物流专业在我国的发展很快，社会对物流专业人才需求逐年递增，尤其是对有一定理论基础、实践能力强的物流技术及管理人才的需求更加迫切。同时随着我国教学改革的不深入以及毕业生就业市场的不断变化，以就业市场为导向，培养具备职业化特征的创新型应用人才已成为大多数高等院校物流专业的教学目标，从而对物流专业的课程体系以及教材建设都提出了新的要求。

为适应我国当前物流专业教育教学改革和教材建设的迫切需要，北京大学出版社联合全国多所高校教师共同合作编写出版了本套《21 世纪全国高等院校物流专业创新型应用人才培养规划教材》。其宗旨是：立足现代物流业发展和相关从业人员的现实需要，强调理论与实践的有机结合，从“创新”和“应用”两个层面切入进行编写，力求涵盖现代物流专业研究和应用的主要领域，希望以此推进物流专业的理论发展和学科体系建设，并有助于提高我国物流业从业人员的专业素养和理论功底。

本系列教材按照物流专业规范、培养方案以及课程教学大纲的要求，合理定位，由长期在教学第一线从事教学工作的教师编写而成。教材立足于物流学科发展的需要，深入分析了物流专业学生现状及存在的问题，尝试探索了物流专业学生综合素质培养的途径，着重体现了“新思维、新理念、新能力”三个方面的特色。

1. 新思维

(1) 编写体例新颖。借鉴优秀教材特别是国外精品教材的写作思路、写作方法，图文并茂、清新活泼。

(2) 教学内容更新。充分展示了最新的知识以及教学改革成果，并且将未来的发展趋势和前沿资料以阅读材料的方式介绍给学生。

(3) 知识体系实用有效。着眼于学生就业所需的专业知识和操作技能，着重讲解应用型人才培养所需的内容和关键点，与就业市场结合，与时俱进，让学生学而有用于用，学而能用。

2. 新理念

(1) 以学生为本。站在学生的角度思考问题，考虑学生学习的动力，强调锻炼学生的思维能力以及运用知识解决问题的能力。

(2) 注重拓展学生的知识面。让学生能在学习了必要知识点的同时也对其他相关知识有所了解。

(3) 注重融入人文知识。将人文知识融入理论讲解，提高学生的人文素养。



3. 新能力

(1) 理论讲解简单实用。理论讲解简单化,注重讲解理论的来源、出处以及用处,不做过多的推导与介绍。

(2) 案例式教学。有机融入了最新的实例以及操作性较强的案例,并对案例进行有效的分析,着重培养学生的职业意识和职业能力。

(3) 重视实践环节。强化实际操作训练,加深学生对理论知识的理解。习题设计多样化,题型丰富,具有启发性,全方位考查学生对知识的掌握程度。

我们要感谢参加本系列教材编写和审稿的各位老师,他们为本系列教材的出版付出了大量卓有成效的辛勤劳动。由于编写时间紧、相互协调难度大等原因,本系列教材肯定还存在不足之处。我们相信,在各位老师的关心和帮助下,本系列教材一定能不断地改进和完善,并在我国物流专业的教学改革和课程体系建设中起到应有的促进作用。

齐二石

2009年10月

齐二石 本系列教材编写指导委员会主任,博士、教授、博士生导师。天津大学管理学院院长,国务院学位委员会学科评议组成员,第五届国家863/CIMS主题专家,科技部信息化科技工程总体专家,中国机械工程学会工业工程分会理事长,教育部管理科学与工程教学指导委员会主任委员,是最早将物流概念引入中国和研究物流的专家之一。

前 言

当今世界，发达国家无不将资源优化列为国家战略之一。人才、能源、矿物、金融资本等，皆是攸关国家命脉的战略性资源。然而我国的资源利用率偏低，如何降低物流成本、提高物流效率、满足客户需求呢？我国企业采用的优化技术是解决物流与供应链困境的途径之一。

物流系统的复杂度令人生畏，对象繁杂，包括生产商、供应商、分销商、零售商、运输商、客户、货品、仓储、订单、运输工具、司机、地图、定位信息等；运筹学的难解问题层出不穷、复杂多变，如仓储与配送中心选址、多模式运输、车辆安排与路径优化、生产计划与排程等，用运筹学的建模方法和计算机语言编程研究物流的优化问题困难重重，并且效率较低。用系统化的方法研究运筹学算法及对物流优化问题进行求解，进一步将求解系统语言化，建立语言一级的开发平台解决方案是科学、可行的技术路线。

高级运筹学和系统优化是一门不断发展的、富有挑战和变化的、激动人心的学科，物流系统优化是物流过程与管理学科及专业提高教学水平和提升人才培养档次的一门具有开拓性的课程。一本优秀的物流优化教材既要能够引领初学者步入物流科学的殿堂，又要能够激励学习者努力探求未知。这就要求教材既能寓基本原理于其中，又能紧跟物流学科前沿；既紧密结合物流实践的现实，又有助于培养物流系统思维和物流优化技能。

物流系统优化问题的研究和求解是物流领域研究的难题和前沿，往往出现在研究生论文、科研论文和研究课题当中，大都讨论一些特定或理想约束条件下解决个别问题的优化算法，实用性不强，也很难普及应用。目前还没有基于优化平台的、完全可视化的物流优化系统和教程。目前，物流系统仿真方面的书籍、教材和软件比较多，但是不能很好地解决物流系统优化问题。在一些物流课程中也涉及物流系统优化问题的求解，但传统的优化方法只能解决线性规划问题，对非线性规划和组合优化问题没有更好的方法，解决不了复杂的物流多目标动态组合优化实际问题，因此，急需在这方面有所突破的课程和教材。

虽然在运筹学中有一些优化建模方法，在 Excel、MATLAB 软件工具中也不乏优化算法，但是对复杂问题，都需要较复杂的编程和调试。LINGO、ILOG 等专用优化软件一般人熟练运用比较难，优化结果和可视化效果也不理想。与 LINGO、ILOG 及 MATLAB 相比，本书的 NCL 建模语言与 POEM 优化平台具有求解方法的语言化、求解系统的平台化、将求解问题的语言系统平台化、优化过程和结果可视化的特点，大大强化了系统性能，使求解进一步工程化，从而更强大且简单易用，还突破了高级运筹学的一些组合优化 NP-hard 问题。

本书在整体结构上可以分为两大部分。第一部分即第 1 章—第 6 章，主要讨论物流系统优化问题的提出与描述，并介绍运筹学自然语言 NCL 与 POEM 优化平台。除介绍了物流系统优化的一般知识，如仓库选址、VRP、PDP、APS 等外，还重点介绍了运筹学自然语言 NCL 与 POEM 优化平台的物流优化功能及优化工具的使用。第二部分即第 7 章—第 11 章，



主要介绍物流系统优化 5 个方面应用具体建模与求解的方法, 具有指导价值和普遍意义, 以供教学、研究和项目实施时参考。此外, 在应用实例中, 针对 VRP、PDP、WLP、APS、MMTP 等实际优化问题通过专门设计的优化实验平台进行求解。

同以往的物流书籍相比, 本书是立体化教材, 有以下特色: 既有理论性, 又有实用性, 可读性强; 富有启发性和挑战性; 教师易于引导和教学, 学生易于学习掌握; 为便于教师使用, 配有完整系统的习题练习、建模练习与答案、课件等教辅材料, 还有配套的实验软件和实验教程, 通过物流系统优化实验, 培养学生的实践能力, 巩固所学理论知识。本书所用的物流系统优化实验平台是在运筹学自然约束语言 NCL 与 POEM 优化平台的基础上, 为了填补物流系统优化与评估这一空白, 以共建物流实验室的合作方式, 由法国 ENGINEST 公司、北京营智优化科技有限公司、大连海事大学交通运输管理学院物流实验中心共同开发。

在教材编写、实例验证过程中, 法国 ENGINEST 公司总裁周建阳博士、北京营智优化科技有限公司陈红经理、白骁勇等优化工程师给予了全力支持和帮助, 李郭记、张梦圆、石晶等在资料整理、编辑、校对等方面付出了大量艰辛的劳动, 在此一并表示衷心的感谢!

本书可作为高等院校物流工程和物流管理及其相关专业本科生和研究生的教材, 也可作为企业和社会培训人员的参考书籍, 还可供从事物流技术或管理工作的专业人员参考学习。

物流系统优化是一个创新的尝试, 由于编者水平和条件所限, 难免会有不妥和不尽完善之处, 敬请广大读者不吝赐教。

编 者

2012 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论 1

1.1 物流系统优化概述	2
1.2 供应链多场景仓库选址优化问题	3
1.2.1 仓库选址的影响因素和原则	3
1.2.2 多仓库选址的主要方法	5
1.2.3 配送中心选址问题	5
1.3 配送路线优化与车辆路径优化问题	7
1.4 多式联运与运输调度优化问题	11
1.4.1 国际多式联运简介	11
1.4.2 多式联运与运输调度优化	13
1.5 制造业高级计划与排程优化问题	14
1.5.1 高级计划与排程优化问题 描述	14
1.5.2 ERP 系统的生产排程	15
1.5.3 APS 与 ERP 的关系	16
1.6 高级运筹学与物流组合优化 NP-hard 问题	19
1.6.1 高级运筹学与物流	19
1.6.2 物流组合优化 NP-hard 问题	21
1.6.3 高级运筹学与物流组合优化 NP-hard 问题关系概述	22
习题	22

第 2 章 自然约束语言 NCL 基础 24

2.1 NCL 简介	25
2.2 NCL 语法基础	27
2.3 逻辑与运筹学的描述型语言	27
2.4 混合集合规划	28
2.5 孙滨的逻辑模型与求解	29
2.6 NCL 编码规则	29
2.6.1 数据类型	29
2.6.2 数据表征	30
2.6.3 变量与值域	30
2.6.4 常规约束	31
2.6.5 常规函数	31

2.6.6 特殊函数	32
------------------	----

习题	32
----------	----

第 3 章 NCL 控制结构 34

3.1 系统变量	35
3.2 输入和输出控制	36
3.2.1 日期/时间的读取与输出	37
3.2.2 日期/时间的转换与运算	38
3.3 常规控制	39
3.4 优化目标	39
3.5 引用机制	40
3.6 特殊控制	40
3.7 子模型的调用	41
3.8 标准消息与个性化消息	43
3.9 软约束和期待约束	45
习题	46

第 4 章 建模与模型分析 48

4.1 算法复杂性	49
4.2 NCL 的求解机制	49
4.2.1 NCL 的求解框架	50
4.2.2 建模要素	51
4.2.3 建模步骤	51
4.3 模型工程	51
4.3.1 变量的命名原则(建议)	52
4.3.2 数据建模	53
4.4 搜索策略概要	53
4.4.1 搜索策略的设计原则	54
4.4.2 搜索策略举例	55
4.5 基础模型举例	56
4.5.1 两两不等与两两不交	56
4.5.2 集合覆盖与拼排	56
4.5.3 整数索引与排序	56
4.5.4 集合索引与排序	57
4.5.5 求和约束	58



4.5.6 累积约束	58	7.2.6 优化参数配置信息表	91
4.6 POEM 界面	59	7.2.7 地图数据	92
4.6.1 项目配置——项目	60	7.3 模型详解	92
4.6.2 项目配置——解算器	60	7.3.1 车辆与班次之间关系约束	92
4.6.3 项目配置——执行	61	7.3.2 订单与车辆、订单与趟次的 集合划分约束	93
4.6.4 信息窗口	61	7.3.3 为每个趟次增加虚拟的 起点和终点	93
4.6.5 信息切换	62	7.3.4 一些订单相关变量的 初始化及计算	94
4.6.6 调试模式	62	7.3.5 定义每个趟次的起点、 终点及处理订单集合	95
4.6.7 模型分析	63	7.3.6 递归排序约束	96
习题	64	7.3.7 趟次的时间窗口约束及趟次与 订单之间的关系约束	97
第 5 章 ComPoem 组件	66	7.3.8 选择激活的趟次	98
5.1 ComPoem 介绍	67	7.3.9 车辆相关约束	99
5.2 ComPoem 的函数	68	7.3.10 启发式算法	100
5.3 ComPoem 的属性	69	7.3.11 排除对称性约束	100
5.4 ComPoem 的事件	70	7.3.12 固定逻辑	101
5.5 ComPoem 与 Visual Basic 的 接口示例	70	7.3.13 优化目标	101
习题	71	7.3.14 搜索策略	102
第 6 章 PoemView 概述	73	7.4 车辆路径优化问题实例	104
6.1 PoemView 介绍	74	7.4.1 Milk Run 运输成本 优化问题	104
6.1.1 POEM 系统及 POEM 优化 平台简介	74	7.4.2 物流优化实验平台 应用实例	106
6.1.2 POEM 与国外相关产品的 技术及市场比较	74	习题	120
6.1.3 PoemView 组件的特点	76	第 8 章 多式联运优化方案设计	122
6.2 PoemView 对象	82	8.1 业务逻辑分析	123
6.3 PoemView 示例	84	8.1.1 问题描述	123
习题	84	8.1.2 优化问题分析	124
第 7 章 车辆路径优化问题模型	86	8.2 数据结构	125
7.1 业务逻辑分析	87	8.2.1 订单表	125
7.1.1 优化问题描述	87	8.2.2 线路表	125
7.1.2 优化问题分析	88	8.2.3 地点表	126
7.2 数据结构	88	8.2.4 计划结果表	126
7.2.1 地址信息表	88	8.2.5 优化参数配置表	127
7.2.2 仓库信息表	89	8.3 模型详解	127
7.2.3 车辆信息表	89		
7.2.4 订单信息表	90		
7.2.5 输出结果表	91		

8.3.1 路线、班次的相关时间 变量和约束	128	9.4.2 物流优化实验平台 应用实例	163
8.3.2 路线、班次的数量、重量和 体积限制约束	129	习题	172
8.3.3 以地点 i 为起点(终点)的 班次、订单的相关约束	131	第 10 章 高级计划和排程优化 问题模型	174
8.3.4 递归排序相关约束	133	10.1 业务逻辑分析	175
8.3.5 优化目标	136	10.1.1 问题描述	175
8.3.6 搜索策略	136	10.1.2 优化问题分析	176
8.4 应用案例	139	10.2 数据结构	177
8.4.1 多式联运优化案例	139	10.2.1 计划作业订单表	177
8.4.2 物流优化实验平台 应用实例	140	10.2.2 工序作业订单表	177
习题	151	10.2.3 资源表	179
第 9 章 多场景仓库选址优化 问题模型	152	10.2.4 已占用资源表	180
9.1 业务逻辑分析	153	10.2.5 工序计划结果表	180
9.1.1 问题描述	153	10.2.6 优化参数配置表	181
9.1.2 优化问题分析	153	10.3 模型详解	182
9.2 数据结构	154	10.3.1 工序的资源与时间 窗口约束	182
9.2.1 场景信息表	154	10.3.2 工序的最短、最长加工 时间约束	183
9.2.2 供应点信息表	154	10.3.3 二维排程约束	184
9.2.3 物资信息表	154	10.3.4 工序与资源的关系约束	184
9.2.4 需求点信息表	155	10.3.5 订单的时间窗口及工序 连续性约束	184
9.2.5 需求信息表	155	10.3.6 工序的加工时间间隔约束	185
9.2.6 地图数据或距离矩阵	155	10.3.7 优化目标	186
9.2.7 影响距离矩阵信息表	155	10.3.8 搜索策略	187
9.2.8 配置信息表	156	10.4 高级计划和排程优化问题实例	189
9.3 模型详解	156	10.4.1 高级计划和排程优化案例	189
9.3.1 相关变量说明	157	10.4.2 物流优化实验平台 应用实例	190
9.3.2 库存相关约束	157	习题	205
9.3.3 费用相关约束	159	第 11 章 NCL 建模练习	206
9.3.4 固定逻辑	159	11.1 建模练习	207
9.3.5 优化目标	160	11.2 建模答案	218
9.3.6 搜索策略	160	参考文献	237
9.4 应用案例	161		
9.4.1 仓库选址优化案例	161		

第 1 章 绪 论

【本章教学要点】

知识要点	掌握程度	相关知识
仓库选址的影响因素	了解	自然环境、经营环境、基础设施状况及其他因素
仓库选址的原则	掌握	
多仓库选址的主要方法	掌握	多重心法、混合整数模型规划、仿真法、综合因素评价法的主要思想
配送中心选址优化问题	熟悉	内容、分类、原则、所涉及的基础数据
车辆路径优化的数学模型及构成要素	掌握	车辆路径优化数学模型的建立、各构成要素的主要特征
国际多式联运简介	熟悉	概念、运输组织形式、主要分类
多式联运与运输调度优化	掌握	运输路线选择、运输方式、货物运输装载问题
APS 与 ERP 的关系	了解	两者的联系和区别
离散型制造业的 APS 模型总体结构	掌握	APS 总体结构图
高级运筹学和物流的关系	了解	
高级运筹学在物流中的应用	熟悉	
物流组合优化 NP-hard 问题	掌握	组合优化和 NP-hard 问题的概念及各自的典型问题
高级运筹学与物流组合优化 NP-hard 问题的关系	了解	



导入案例

海尔物流成立于1999年,依托海尔集团的先进管理理念及海尔集团的强大资源网络构建海尔物流的核心竞争力,为全球客户提供最有竞争力的综合物流集成服务,成为全球最具竞争力的第三方物流企业。海尔物流注重整个供应链全流程最优与同步工程,不断消除企业内部与外部环节的重复、无效的劳动,让资源在每个过程中流动时都实现增值,使物流业务能够支持客户实现快速获取订单与满足订单的目标;海尔物流凭借先进的管理理念及物流技术应用,被中国物流与采购联合会授予首家“中国物流示范基地”和“国家科技进步一等奖”,同时也先后获得“中国物流百强企业”、“中国物流企业50强”、“中国物流综合实力百强企业”和“最佳家电物流企业”等殊荣。我们不禁要问,在短短10年左右的时间内,海尔物流为什么取得了巨大的成功?究其原因,这与其对物流系统的优化是分不开的。

随着经济全球化进程的加快,物流的作用显得越来越重要。物流已成为国家经济发展的重要推动力。同时,伴随着经济的不断发展,物流行业的竞争也在不断加剧,如何使企业在如此激烈的竞争中立于不败之地,是一个值得探讨的问题。

对于大多数企业来说,物流系统优化是其降低供应链运营总成本的最显著的商机所在。在物流作业过程中,物流多场景仓库选址优化、配送车辆路径优化、多式联运优化、制造业高级计划与排程优化等都是典型的优化问题,解决这些问题是实现物流系统优化的重要环节。

本节将对物流系统优化进行概述,并分别详细阐述供应链多仓库选址问题、配送路线优化与车辆路径优化问题、制造业高级计划与排程优化问题的相关内容,另外还将介绍高级运筹学与物流组合优化 NP-hard 问题,为后几章中物流系统各部分的优化奠定基础。

1.1 物流系统优化概述

随着市场经济的发展和物流专业化水平的提高,物流业得到了迅速发展。在物流作业过程中,大量的运筹和决策问题需要解决,如物流仓库选址优化、配送车辆路径优化、多式联运优化等问题,就是亟待解决的一些典型优化问题。

任何一个仓库在规划建设初期都会将如何快速有效地送达货物作为考虑因素之一。货物的目的地大多是人口聚集地,因此库址相对于大都市的远近,在运输成本和操作效率上所反映出的相关性就十分显著。选址问题需要考虑很多复杂的因素,如备选仓库能力限制、投资费用、仓库对产品销售的影响、需求点的优先级、各种产品的收益等。如何科学地进行仓库选址对物流成本运作和物流相关操作效率是至关重要的。

多式联运(multi-modal transport planning, MMTP)是现代物流网络运作的主体和纽带,是贯穿整个现代物流活动的主线。在越来越个性化的市场环境下,多式联运系统规划工作变得更加重要,也更加复杂。建立准确、合理的多式联运模型,可提高企业的运送速度和服务质量,实现高效、低耗的物流运输目标,从而获得巨大的经济效益。多式联运优化问题是一个 NP(non-deterministic polynomial, 非角定性多项式)难题,针对多式联运的模型和算法,很多学者从不同的角度分别对最短路径、最短时间及基于时间因素的最短路径优化问题进行了研究。这些研究对提高企业物流运输效率有一定的意义。然而决定企业运输成本的因素有很多,不止是简单的最短路径或者最短时间。在运达时间允许的情况下,换另

外一种运输方式,多走一些路程,也可能节约运输成本。

在物流配送业务中,配送车辆路径优化问题(vehicle routing problem, VRP)的涉及面较广,需要考虑的因素较多,对企业提高服务质量、降低物流成本、增加经济效益的影响也较大。在现实生产和生活中,邮政投递优化问题、公共汽车调度优化问题、电力调度优化问题、管道铺设优化问题、计算机网络拓扑设计优化问题等都可以抽象为物流配送车辆路径优化问题。物流配送是一项复杂的系统工程,其中许多优化问题所建立的模型和算法都很复杂,都具有 NP 难题性质。物流配送车辆路径优化问题作为一个 NP 难题,随着客户数量的增加,可选的配送路径方案数量将以指数速度急剧增长。因此,如何根据实际情况求解该问题就成为科研人员研究的重要方向。

物流优化平台提供的多场景仓库选址优化、多式联运优化、物流路径优化及制造业离散生产排程优化系统可以非常直观方便地对该优化问题进行分析、建模、求解、可视化,并对计算生成的结果进行适当的调整。

以上物流优化系统采用 POEM(programming in operational and expressive models, 编程操作与表达模型)智能建模平台对系统核心优化模块——车辆路径优化、多式联运优化及多场景仓库选址优化(warehouse layout problem, WLP)建模并求解。POEM 是一个集建模、可视化、模型诊断、测试、部署于一体的软件开发工具,POEM 集成可视化引擎对标准图形、地图及时间等进行管理,支持直观式的 What if...的交互。POEM 的多合一性使用户不必再依赖市场上名目繁多的软件组件(业务规则、优化、可视化的十几种功能转移的组件)进行解决方案的核心模块开发,只需要学习 NCL 和 PoemView 即可全面地进行解决方案优化模块的开发。采用 POEM 的可视化引擎 PoemView 对结果用地图、甘特图及图表等不同方式、角度呈现,并可以非常直观方便地在地图上对结果的分析和直觉式的调整进行再优化。

1.2 供应链多场景仓库选址优化问题

1.2.1 仓库选址的影响因素和原则

仓库选址问题是供应链网络设计的一个重要内容,它是指在一个具有若干供应点及若干需求点的经济区域内,选一个地址建立仓库的规划过程。合理的选址方案应该使商品通过仓库的汇集、中转、分发,并达到需求点的全过程效益最好。因为仓库的建筑物及设备的投资相当大,所以选址时要慎重,如果选址不当,损失不可弥补。为做好仓库选址工作,需要明确仓库选址的影响因素及应遵循的原则。

1. 影响因素

1) 自然环境因素

(1) 气象条件。主要考虑的气象条件有年降水量、空气温湿度、风力、无霜期长短、冻土厚度等。

(2) 地质条件。主要考虑土壤的承载能力。仓库是大宗商品的集结地,货物会对地面形成较大的压力,如果地下存在淤泥层、流沙层、松土层等不良地质环境,则不适宜建设仓库。

(3) 水文条件。要认真搜集选址地区近年来的水文资料,需远离容易泛滥的大河流域和容易上溢的地下水区域,地下水位不能过高,故河道及干河滩也不可选。



(4) 地形条件。仓库应建在地势高、地形平坦的地方, 尽量避开山区及陡坡地区, 最好选长方形地形。

2) 经营环境因素

(1) 政策环境背景。选择建设仓库的地方是否有优惠的物流产业政策对物流产业进行扶持, 将对物流业的效益产生直接影响。当地的劳动力素质的高低也是需要考虑的因素之一。

(2) 商品特性。经营不同类型商品的仓库应该分别布局在不同地域, 如生产型仓库的选址应与产业结构、产品结构、工业布局紧密结合进行考虑。

(3) 物流费用。仓库应该尽量选择建在接近物流服务需求地, 如大型工业、商业区, 以便缩短运输距离, 降低运费等物流费用。

(4) 服务水平。物流服务水平是影响物流产业效益的重要指标之一, 因此在选择仓库地址时, 要考虑是否能及时送达, 应保证客户无论在什么时候向仓库提出需求, 都能获得满意的服务。

3) 基础设施状况

(1) 交通条件。仓库的位置必须交通便利, 最好靠近交通枢纽, 如港口、车站、交通主干道(国道、省道)、铁路编组站、机场等, 应该有两种运输方式衔接。

(2) 公共设施状况。要求城市的道路畅通, 通信发达, 有充足的水、电、气、热的供应能力, 有污水和垃圾处理能力。

4) 其他因素

(1) 国土资源利用。仓库的建设应充分利用土地, 节约用地, 充分考虑到地价的影响, 还要兼顾区域与城市的发展规划。

(2) 环境保护要求。在建设仓库的同时, 要保护自然与人文环境, 尽可能降低对城市生活的干扰, 不影响城市交通, 不破坏城市生态环境。

(3) 地区周边状况。一是仓库周边不能有火源, 不能靠近住宅区; 二是仓库所在地的周边地区的经济发展情况应对物流产业有促进作用。

2. 选址的原则

1) 适应性原则

仓库的选址要与国家及地区的产业导向、产业发展战略相适应, 与国家的资源分布和需求分布相适应, 与国民经济及社会发展相适应。

2) 协调性原则

仓库的选址应将国家的物流网络作为一个大系统来考虑, 使仓库的设施设备在区域分布、物流作业生产力、技术水平等方面相互协调。

3) 经济性原则

仓库选址的结果要保证建设费用和物流费用最低, 如选定在市区、郊区, 还是靠近港口或车站等, 既要考虑土地费用, 又要考虑将来的运输费用。

4) 战略性原则

仓库的选址要有大局观, 一是要考虑全局, 二是要考虑长远。要有战略眼光, 局部利益要服从全局利益, 眼前利益要服从长远利益, 要用发展的眼光看问题。

5) 可持续发展原则

仓库的选址要在环境保护上充分考虑长远利益, 维护生态环境, 促进城乡一体化发展。

1.2.2 多仓库选址的主要方法

仓库选址分为单仓库选址和多仓库选址问题。在物流管理实践中,多仓库选址是一个很普遍的问题,因为除了非常小的公司以外,几乎所有公司的物流系统中都有一个以上的仓库。由于不能将这些仓库看成是经济上相互独立的,并且可能的选址布局方案相当多,因此,需要采用一些科学、实用的方法来对方案进行评估和验证。多仓库选址的主要方法有多重心法、混合整数规划模型(mixed integer programming, MIP)、仿真法、综合因素评价法等。

多重心法的关键是按起讫点法对现有网络进行划分群落,形成个数等于待选址仓库数量的多个起讫点群落。随后,找出每个起讫点群落的精确重心,然后按单一仓库选址重心法求出各群落中的全部点到其所在群落重心的总运输成本,最后把各群落的总运输成本汇总。一种分群组合分析完后换一种新的分群组合,找出新分群组合的各群落新的重心位置,计算新的分群组合下的汇总运输成本,并与上一个汇总运输成本进行比较,看是否更优;如果更优,还要继续上述过程,直到不再有更优的组合方案为止。这样就完成了特定数量仓库选址的计算。

混合整数模型规划是一种经常被用来解决物流网络系统中大型、复杂选址问题的方法。它可以把固定成本以最优的形式考虑进去,并能通过计算得出最优点。在计算机求解混合整数规划模型中,所采取的算法有很多,比较流行的有遗传算法、模拟退火算法及禁忌搜索算法等。

仿真法试图通过模型重现某一系统的行为或活动,而不必实地去建造并运转一个系统。在选址问题中,仿真技术可以使分析者通过反复改变和组合各种参数,多次试行来评价不同的选址方案。这种方法还可进行动态模拟。

综合因素评价法是一种全面考虑各种影响因素,并根据各影响因素重要性的不同对方案进行评价、打分,以找出最优的选址方案。综合因素评价法主要包括分级评分法、积点法及位置度量法等。近年出现的模糊综合评判法也很受欢迎,它是一种定性与定量相结合的方法,有良好的理论基础,特别是多层次模糊综合评判方法,它通过研究各因素之间的关系可以得到合理的仓库位置。

1.2.3 配送中心选址问题

配送中心选址是多场景仓库选址的一个典型问题,以下将对其作简要介绍。

1. 配送中心选址的内容

选址包括两个方面的含义:地理区域的选择和具体地址的选择。配送中心的选址首先要选择合适的地理区域,对各地理区域进行审慎评估,选择适当的范围为考虑的区域,如华南地区、东北地区等,同时还需配合配送中心的物品特性、服务范围及企业的运营策略。

配送中心的地理区域确定以后,还需确定具体的建设地点。如果是制造商型的配送中心,应以接近上游生产厂或进口港为宜;如果是日常消费品的配送中心,则宜接近居民生活社区。一般应以进货与出货产品类型特征及交通复杂度,来选择接近上游点还是接近下游点的选址策略。

2. 配送中心选址问题的分类

根据问题的不同,选址问题可以被归为不同的类型,根据不同的类型可以建立相应的选址模型,进而选择有效的优化算法进行求解,这样就可以得到该选址问题的最优方案。具体来讲,配送中心选址问题可分为以下几类。



1) 根据选址问题目标区域的特征分类

(1) 连续选址: 待选区域是一个平面, 不考虑其他结构, 可能的选址位置的数量是无限的。典型的应用是一个企业的配送中心初步选址。

(2) 网格选址: 待选区域是一个平面, 被细分为许多相等面积(通常是正方形)的区域, 候选地址的数量是有限的, 但是相当大。典型的应用是仓库中不同货物的存储位置的分配。

(3) 离散选址: 待选区域是一个离散的候选位置的集合, 数量通常是有限的且很少的。这种模型是最切合实际的。典型的应用是一个企业的配送中心的详细选址设计。

2) 根据选址成本分类

根据选址成本可以将选址问题分为这样 6 类问题: 是寻求可行成本方案还是寻求最优成本方案; 是寻求总成本的最小化还是成本最大值的最小化; 是固定权重还是可变权重; 是确定性的还是随机性的; 被定位设施间有无相互联系; 是静态的还是动态的选址问题。

3) 根据选址约束分类

(1) 有能力约束与无能力约束。如果新设施的能力没有限制, 那么选址问题就是无能力约束的选址问题; 反之, 就是有能力约束的选址问题。

(2) 不可行区域约束。如果在目标区域内有些区域不合适作为选址地点, 那么这个选址问题就包含了不可行区域的约束。例如, 在美国大陆进行配送中心的选址, 五大湖区和墨西哥湾就是不可行区域。

3. 配送中心选址原则

“地利”对于任何企业来讲都是非常重要的。地址选择恰当, 占有“地利”之势, 才能为企业实现更好的经济效益。配送中心位置的选择, 将显著影响实际运营的效率与成本, 以及日后仓储规模的扩充与发展。大量的成功案例证明, 在选址问题上, 定性的分析更为重要, 定性分析是定量分析的前提。在做定性分析时, 确定几项原则是必要的。

1) 经济性原则

企业首先是经济实体。经济利益对企业无论何时都是最重要的。从生产企业或供应地到物流配送中心, 再从物流配送中心到配送点(需求点)的运输费用会随着配送中心的数目增加而减少, 这是因为配送距离的缩短会使运输费用下降; 但是, 建立配送中心的固定费用、营运费用、库存费用及其他的一些可变费用等会随着配送中心数目的增加而增加。因此, 在选址过程中, 要综合考虑各种费用之间的关系, 争取实现总费用最少的目的。

2) 适应性原则

配送中心的选址需与国家及省区市的发展方针、政策相适应, 与我国物流资源分布和需求分布相适应, 与国民经济和社会发展相适应。

3) 系统整合原则

系统整合原则主要是指系统内部整合、系统外部整合和协调整合。系统内部整合是指配送中心在选址过程中不仅要考虑单一设施因素, 而且要考虑物流系统的整体结构效应。系统外部整合是指配送中心的选址不仅要考虑配送中心自身的要求, 而且要考虑配送中心与城市交通的整体协调关系。协调整合是指配送中心的选址不仅要考虑经济效益, 而且要考虑社会效益, 从而有利于配送中心的可持续发展。

4) 前瞻性原则

我国物流业的发展面临重要的转型期, 从单纯的传统运输业向现代物流业转变, 从传