



逆向物流车辆 路径优化及智能算法

柳毅 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

逆向物流车辆路径优化及 智能算法

柳 毅 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地研究了逆向物流车辆路径优化中的几类问题,根据逆向物流车辆路径问题所具有的多约束、多目标、随机不确定性特点构造相应的数学优化模型,并根据实际应用提出了求解复杂逆向物流车辆路径问题的人工鱼群优化算法和相应的车辆路径优化系统软件。

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。

图书在版编目(CIP)数据

逆向物流车辆路径优化及智能算法/柳毅著. —北京:电子工业出版社,2013.10

ISBN 978-7-121-21629-9

I. ①逆… II. ①柳… III. ①物流—车辆调度—智能运输系统—研究 IV. ①F253.4-39
中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第238226号

策划编辑:秦绪军 徐蔷薇

责任编辑:毕军志

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:720×1000 1/16 印张:15.75 字数:214.2千字

印 次:2013年10月第1次印刷

定 价:49.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序

随着我国经济的增长和服务业的快速发展，物流对社会经济发展和人民生活水平的提高起着越来越重要的作用。车辆路径问题作为各种运输方式在日常运输营运管理工作中需要面对的共同问题，是运输组织优化的核心问题，在物流配送运输线路优化选择中尤其突出。物流企业在车辆调度过程中，运输车辆进行单纯送货（或单纯集货）的正向物流存在着单程空载的现象。随着社会可利用的自然资源日趋减少以及人们环保意识的增强，能源的回收利用越来越受到人们的重视，与正向物流研究相对应的逆向物流及其负责物流配送的车辆路径也随之成为当前国内外物流领域的一个研究热点。

杭州电子科技大学柳毅副教授系统地研究了逆向物流车辆路径优化中的带回程取货车辆路径问题、带时间窗可回程取货车辆路径问题以及同时取送货车辆路径问题等几大类 NP-hard 性质的优化问题。根据逆向物流车辆路径问题所具有的多约束、多目标、不确定性等特点，本书研究构造相应的数学优化模型，提出求解复杂逆向物流车辆路径问题的几种有效的人工鱼群优化算法，并用数值实验算例验证了模型和算法的有效性。最后利用先进的 Google 地图、C#语言和数据库技术设计并实现了家电逆向物流车辆路径优化系统软件，研究新家电配送和废旧家电回收的物流车辆路径问题，通过软件系统获得了比

较满意的物流车辆行驶路线，降低企业物流成本、提高运作效率、提高客户满意度。

浙江工业大学博士生导师

Handwritten signature in black ink, reading '周锐丰' (Zhou Ruifeng).

教授

2013 年 9 月于浙江工业大学

前 言

近年来，随着可利用自然资源的日趋减少以及人们环保意识的增强，物资的回收利用越来越受到人们的重视。许多国家还颁布相关环境保护法律，规定企业必须对其生产的产品进行回收处理，尤其是可能污染环境的产品，企业对其产品的使用和处理要负重要责任。典型的例子如：联想集团备件物流处采取的“客户自行更换备件单元”运营模式，即物流企业把新的计算机配件送达终端客户手中的同时，进行取回已损坏的计算机配件上门服务；富士施乐爱科制造有限公司主要利用自建专营店或特约经销商实现新产品的销售与废旧产品回收。

正向物流和逆向物流的结合成为这个时代的要求，由此衍生的逆向物流配送车辆行驶路径问题已成为当前国内外物流领域的一个研究热点。逆向物流车辆路径问题属于一个 NP-hard 性质的优化问题，只有在需求点数和路段数较少时才有可能寻求其精确解。然而在实际物流车辆配送服务过程中，存在着交通拥挤、车辆故障、客户服务需求不确定等情况，这些不确定信息增加了车辆行驶路线优化的复杂性和难度。因此，本书系统地研究了逆向物流车辆路径优化中的几类问题，根据逆向物流车辆路径问题所具有的多约束、多目标、随机不确定性特点构造相应的数学优化模型，并根据实际应用提出了求解复杂逆向物流车辆路径问题的人工鱼群优化算法和相应的车辆路径优化系统软件。

本书由杭州电子科技大学柳毅副教授负责全书的组织、编写和最终定稿工作。金鹏、刘怡雨等参与了本书相关章节的编写和调试脚本程序的工作，

浙江工业大学周根贵教授对本书进行了认真审阅,提出了许多建设性意见,使本书内容日臻完善,在此对他们所付出的辛勤劳动表示诚挚的感谢。同时,感谢教育部人文社会科学研究基金青年项目(编号:12YJC630130)、浙江省高校人文社科重点研究基地“决策科学与创新管理”项目(编号:ZD03-2013CB1)、杭州电子科技大学学术著作出版基金项目(编号:KYF035613012)为编写、出版本书提供的经费资助。

本书在编写过程中,参考了部分图书、期刊和论文资料,在书后以参考文献的形式列出。信息技术的迅猛发展和逆向物流管理,时刻影响着车辆路径优化问题的发展进程,尽管我们付出了很多的努力,但由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请读者和同行专家不吝赐教。

著 者

2013年8月于杭州电子科技大学

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：（010）88254396；（010）88258888

传 真：（010）88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章

绪论	1
1.1 研究背景与意义	3
1.2 国内外研究现状	5
1.2.1 VRPB 的国内外研究现状	6
1.2.2 VRPSDP 的国内外研究现状	8
1.3 研究内容与方法	11
1.4 本章小结	14

第 2 章

逆向物流车辆路径问题概述	15
2.1 逆向物流	17
2.1.1 逆向物流的分类及特点	20
2.1.2 逆向物流实施的建议	22
2.2 逆向物流车辆路径问题	23
2.2.1 逆向物流的内涵及特点	24
2.2.2 逆向物流车辆路径问题的组成	27
2.2.3 逆向物流车辆路径问题的分类	30

2.3 本章小结	33
----------------	----

第 3 章

逆向物流车辆路径优化问题研究	35
----------------------	----

3.1 逆向物流车辆路径问题优化模型	37
3.1.1 车辆路径问题的数学模型	37
3.1.2 车辆路径问题的求解模型	39
3.2 车辆路径问题优化算法回顾	44
3.2.1 精确算法	45
3.2.2 启发式算法	46
3.2.3 群体智能优化算法	49
3.3 本章小结	70

第 4 章

带回程取货车辆路径优化问题研究	71
-----------------------	----

4.1 带回程取货车辆路径问题的数学模型	73
4.1.1 基本假设	73
4.1.2 参变量定义	74
4.1.3 VRPB 数学模型	75
4.2 求解 VRPB 的人工鱼群算法	76
4.2.1 改进人工鱼群算法设计	76
4.2.2 改进人工鱼群算法流程	78
4.3 试验分析	80

4.4 本章小结81

第5章

带时间窗可回程取货车辆路径优化问题研究83

5.1 带时间窗 VRPB.....85

5.2 带时间窗 VRPB 模型87

5.2.1 基本假设.....87

5.2.2 变量和参数符号定义.....88

5.2.3 VRPBTW 数学模型89

5.3 VRPBTW 的元胞人工鱼群算法.....90

5.3.1 元胞人工鱼个体模型的构造.....91

5.3.2 动态的元胞鱼群搜索视野92

5.3.3 基于状态迁移规则的觅食行为.....92

5.3.4 聚群行为.....93

5.3.5 动态追尾行为94

5.4 仿真算例94

5.5 本章小结97

第6章

客户需求模糊可回程取货车辆路径优化问题研究99

6.1 模糊问题的相关理论101

6.1.1 模糊集的概念101

6.1.2 三角模糊数102

6.1.3	三角模糊数的运算法则.....	103
6.1.4	三角模糊数的运算比较.....	103
6.2	VRPBFD 的描述及数学模型.....	104
6.2.1	VRPBFD 的描述.....	104
6.2.2	VRPBFD 的数学模型 ^[89]	106
6.3	VRPBFD 的改进人工鱼群算法.....	107
6.4	仿真实验及分析.....	111
6.5	本章小结.....	113

第 7 章

同时取送货车辆路径优化问题研究.....		115
7.1	同时取送货车辆路径问题概述.....	117
7.2	VRPSDP 数学模型建立.....	118
7.2.1	VRPSDP 的描述.....	118
7.2.2	VRPSDP 的基本假设.....	119
7.2.3	VRPSDP 的参数变量描述.....	120
7.2.4	VRPSDP 的建模描述.....	120
7.3	VRPSDP 的改进人工鱼群算法.....	122
7.4	仿真算例.....	126
7.5	本章小结.....	129

第 8 章

带时间窗随机需求可同时取送货车辆路径优化问题研究.....		131
-------------------------------	--	-----

8.1 带时间窗可同时取送货车辆路径问题134

8.2 带时间窗的随机需求 VRPSDP 的描述136

 8.2.1 VRPSDPTW 的描述.....136

 8.2.2 VRPSDPTW 数学模型.....137

8.3 VRPSDPTW 的量子人工鱼群算法.....139

 8.3.1 量子算法简介139

 8.3.2 构造量子人工鱼群算法.....141

8.4 仿真算例.....145

8.5 本章小结147

第9章

家电配送逆向物流车辆路径优化系统149

9.1 逆向物流车辆路径优化系统设计152

 9.1.1 系统功能设计152

 9.1.2 系统硬件设计.....155

 9.1.3 系统软件设计.....156

9.2 家电逆向物流车辆路径优化系统实现159

 9.2.1 系统模块构成161

 9.2.2 系统登录管理161

 9.2.3 人员管理.....161

 9.2.4 家电信息维护模块163

 9.2.5 路径规划界面164

 9.2.6 行车路线规划界面166

9.3 本章小结170

第10章

总结与展望171

10.1 研究工作总结173

10.2 进一步研究展望174

附录 A 家电配送逆向物流车辆路径优化系统部分源代码176

参考文献229

第 1 章

绪 论

- 1.1 研究背景与意义
- 1.2 国内外研究现状
- 1.3 研究内容与方法
- 1.4 本章小结

1.1 研究背景与意义

近年来,我国物流业持续快速发展,物流产业地位逐步得到确立和提升,已经成为中国经济领域中最活跃、增速最快的产业。同时,我国的社会物流总成本占 GDP 的比重仍处于高位,约占 16.9%,大大高于英、美、日等发达国家。社会物流总成本由运输成本、保管成本与管理成本构成,其占 GDP 的比重是衡量一个国家经济发展水平,特别是综合国力的一个重要指标。从物流成本构成看,运输成本占 52.6%,保管成本占 31.8%,管理成本占 15.6%。由此可见运输是物流系统中最为重要的构成要素,是成本消耗最大的物流活动,在整个物流运作中起着举足轻重的作用。据统计,2011 年我国社会物流总费用为 8.4 万亿元,约占国内生产总值比重的 17.8%,其中,运输费用为 4.4 万亿元,比上年提高 1.9 个百分点;保管费用为 2.9 万亿元,比上年提高 1.1 个百分点^[1]。物流成本居高不下已是中国所有消费品价格上涨的重要原因。

为此,2011 年 3 月 14 日,十一届全国人大四次会议正式批准国家“十二五”规划纲要。规划纲要明确提出要“大力发展现代物流业:加快建立社会化、专业化、信息化的现代物流服务体系,大力发展第三方物流,优先整合和利用现有物流资源,加强物流基础设施的建设和衔接,提高物流效率,降低物流成本。推动农产品、大宗矿产品、重要工业品等重点领域物流发展。优化物流业发展的区域布局,支持物流园区等物流功能集聚区有序发展。推广现代物流管理,提高物流智能化和标准化水平”。^[3]由此可见,在“十二五”期间,如何让物流业更好地获得发展,提高百姓的生活质量,助推国家经济腾飞,是我国政府非常重视的问题。