



# 物流系统选址调度 ——模型与算法

李大卫 王莉 熊焱 著



科学出版社

# 物流系统选址调度

## ——模型与算法

李大卫 王莉 熊焱 著

辽宁省自然科学基金项目(编号:20102097)

辽宁科技大学学术著作出版基金

资助

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书的主要内容源自作者与指导的研究生多年的研究成果。全书共分十章,第1章为绪论,介绍物流系统、选址问题与物流调度问题的研究意义;第2~6章研究物流配送中心选址问题,分别针对绿色物流配送中心选址、物流配送中心动态选址、逆向闭环物流中心动态选址、基于经济因素的配送中心选址和应急服务设施的选址等问题,进行分析、归纳、总结,建立相应的数学模型,并提出求解算法和实例;第7~10章研究物流调度问题,分别针对应急物资调度、快递货运调度、带时间窗的物流配送车辆调度和集装箱码头物流调度,进行系统描述、问题分析、建立模型和系统仿真。

本书可供物流系统管理专业、应用数学专业及相关的管理工程应用领域的教学与研究人员阅读参考,也可以作为相关专业的研究生教材或教学参考书,更可供物流企业高层管理人员阅读与参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

物流系统选址调度:模型与算法/李大卫,王莉,熊焱著. —北京:科学出版社,2014

ISBN 978-7-03-042168-5

I. ①物… II. ①李… ②王… ③熊… III. ①物流配送中心-选址-研究  
②物流配送中心-物流调度-研究 IV. ①F252.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 238920 号

责任编辑:徐 倩 / 责任校对:胡小洁  
责任印制:霍 兵 / 封面设计:无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2014年12月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2014年12月第一次印刷 印张:14

字数:282 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 前 言

物流系统由物流各要素所组成，各要素之间有机联系、相互制约。物流系统的主要目标是追求时间效益和空间效益。物流中心选址与调度长期以来都是物流系统的主要研究热点。

本书的主要内容是作者与指导的研究生多年研究成果的系统总结。其显著的特点是对每个涉及的问题，都是按照问题分析—建模假设—模型建立—算法设计—实例求解的思路完成的。书中涉及一些数学规划建模方法和内容，主要使用几个智能优化算法进行算法设计。本书的基本结构如下：

全书共 10 章，分为 3 部分内容。

第 1 部分为绪论。本书第 1 章绪论主要介绍物流系统、物流配送中心选址问题与物流系统调度问题及其研究意义。本章也介绍了一些经典的配送中心数学模型和求解算法，以及物流调度问题的智能优化算法。

第 2 部分为物流配送中心选址问题。本书第 2~6 章分别介绍绿色物流配送中心选址问题、物流配送中心动态选址问题、逆向闭环物流中心动态选址问题、基于经济因素的配送中心选址问题和应急服务设施的选址问题，对每个问题进行分析、归纳、总结，并重点介绍相应问题数学模型的建立和求解算法的构造，列出了求解实例。

第 3 部分为物流调度问题。本书第 7~10 章分别介绍轴辐式网络的应急物资调度问题、基于轴辐式网络的快递货运调度问题、带时间窗的物流配送车辆调度问题和集装箱码头物流调度问题，对每个问题进行系统描述、问题分析、建立模型和系统仿真。

本书在写作和出版过程中，得到了许多同事的热情指导与帮助。辽宁科技大学刘洪教授、郑丽群讲师、陆立娟讲师、王洁讲师、科学出版社徐倩老师都对本书的顺利完成提出了宝贵建议和意见。研究生陈照辉、季开青、李艳杰、王国华、张陈娟、王静慧、郑发帮助查阅整理了第 1~9 章的参考文献并对内容进行了认真阅读检查；张辉帮助查阅了第 10 章的参考文献，并认真阅读相关内容。辽宁科技大学学科处赵智博同志为本书的顺利出版提供了许多帮助。在此，向他们表示最诚挚的感谢。

本书的出版得到了辽宁省自然科学基金项目“基于轴辐式网络的应急物流调度模型与算法研究”（编号：20102097）、辽宁省教育厅科研项目“绿色物流环境

下配送中心选址问题的模型及算法研究”（编号：05L008）和辽宁科技大学学术著作出版基金的资助。

本书可供物流系统管理专业、应用数学专业及相关的管理工程应用领域的教师、学生及相关研究人员阅读参考，也可以作为相关专业的研究生教材或教学参考书，更可供物流企业家、高层管理人员阅读与参考。

李大卫 王莉 熊焱

2014年7月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 引言 .....	1
1.2 物流系统 .....	1
1.3 物流系统的选址问题 .....	4
1.4 物流系统的调度问题 .....	15
1.5 本章小结 .....	23
<b>第 2 章 无容量限制及绿色物流配送中心选址问题</b> .....	24
2.1 引言 .....	24
2.2 基于混沌粒子群混合算法的平面选址问题 .....	25
2.3 无容量限制多配送中心选址模型及算法实现 .....	31
2.4 绿色物流配送中心选址问题 .....	40
2.5 本章小结 .....	41
<b>第 3 章 物流配送中心动态选址问题模型与算法</b> .....	42
3.1 引言 .....	42
3.2 多阶段决策的基本内涵 .....	42
3.3 物流配送中心选址的多阶段决策问题 .....	43
3.4 最短路径问题的改进 Dijkstra 算法分析 .....	44
3.5 配送中心动态选址模型及算法实现 .....	45
3.6 实例分析及结果比较 .....	50
3.7 本章小结 .....	55
<b>第 4 章 逆向闭环物流中心动态选址问题的模型与算法</b> .....	56
4.1 引言 .....	56
4.2 逆向物流中心动态选址模型 .....	58
4.3 多阶段再制造系统回收/拆解中心的选址模型 .....	63
4.4 逆向闭环物流配送中心选址模型及算法实现 .....	69
4.5 本章小结 .....	77
<b>第 5 章 基于经济因素配送中心的选址模型及算法</b> .....	79
5.1 引言 .....	79
5.2 建立模型 .....	79
5.3 选址模型的蚁群算法求解 .....	83
5.4 实例分析及结果比较 .....	88
5.5 本章小结 .....	94

<b>第 6 章</b>	<b>应急服务设施选址问题的模型与算法</b>	95
6.1	引言	95
6.2	应急需求现状	95
6.3	基于时间满意度的应急选址覆盖模型与算法	97
6.4	应急选址的动态集合覆盖模型与算法	101
6.5	应急选址问题的层次集合覆盖模型	107
6.6	本章小结	111
<b>第 7 章</b>	<b>轴辐式网络的应急物资调度模型与算法</b>	112
7.1	引言	112
7.2	国内外应急物资调度研究现状	112
7.3	轴辐式网络概述	113
7.4	基于轴辐式网络的应急物资调度系统	115
7.5	供应区域的应急物资调度模型与算法	117
7.6	应急需求区域的应急物资调度模型与算法	122
7.7	应急需求区域的物资配送满意度最优的调度模型与算法	126
7.8	本章小结	131
<b>第 8 章</b>	<b>轴辐式网络的快递货运调度模型及算法</b>	132
8.1	引言	132
8.2	轴辐式网络的快递运输系统	133
8.3	基于轴辐式网络的单货运站集散区域的车辆调度模型与算法	137
8.4	集散区域内带支路捡货的车辆调度模型与算法	142
8.5	基于轴辐式网络的集散地群的快递运输模型和算法	147
8.6	中心区域的多转运中心快递运输模型和算法	154
8.7	本章小结	159
<b>第 9 章</b>	<b>带时间窗的物流配送车辆调度问题的模型与算法</b>	160
9.1	引言	160
9.2	带时间窗的物流配送车辆路径问题	161
9.3	带时间窗约束的多车型物流配送车辆调度问题	170
9.4	本章小结	191
<b>第 10 章</b>	<b>集装箱码头物流调度问题的模型与算法</b>	193
10.1	引言	193
10.2	基于蚁群算法的集装箱装载问题	194
10.3	集装箱码头泊位优化配置问题	203
10.4	本章小结	207
<b>参考文献</b>		208

# 第1章 绪 论

## 1.1 引言

物流，原意是兵站或后勤，是美国军队在第二次世界大战中使用的一个军事术语，主要强调军队在作战时，能否以最快的速度、最高的效率，安全无误地将武器、弹药以及军队吃、住、行等所有必需物品按要求供给前线，是军队能否取胜的重要保障因素。而兵站要做到及时、准确地做好后勤供给，则必须有一整套科学的后勤供给治理系统，包括军需品的订货、生产计划的制订、库存治理、配给、运输以及通信等。第二次世界大战后，企业界将战争期间的兵站、后勤这种科学有效的治理系统引入企业经营之中，以寻求企业的物流也能像军队兵站、后勤那样，科学治理、高效运营。

传统的物流具有两个功能，一是商品地理位置的转移，二是商品储存时间的转移，这两个功能都必须通过运输与仓储来实现。随着社会经济的发展和科学技术的进步，传统的物流已从以交通运输和仓储管理为主要功能阶段，发展到具有原材料、产成品及相关信息从起点到终点有效流动的全过程、集成式管理功能的现代物流阶段。现代物流将运输、仓储、装卸、加工、整理、配送、信息等方面有机结合，形成完整的供应链，其任务是尽可能降低物流的总成本，为顾客提供多功能、一体化的综合性服务。

本章首先介绍与物流相关的一些基本知识，包括物流系统的概念、组成、特征和目标。然后介绍物流系统中选址问题的相关知识，包括选址问题的产生、研究意义，国内外对选址问题研究现状。接着回顾几个经典的离散型和连续型选址模型和求解方法。最后介绍物流调度问题，包括物流调度问题的提出、研究意义和几个智能优化求解方法。

## 1.2 物流系统

### 1.2.1 物流系统的概念

目前，关于物流的定义有多种，还没有达成一致。物流定义在各个经济发展阶段，适应不同的经济活动目的，不断地进化、调整和完善；即便在同一历史时期、同一经济发展阶段，也因不同的学派、不同的学术团体、不同的机构和不同



的国家,以及出自不同的角度和观点而有所差别,而且物流的定义至今仍有争论。

中国发布的《中华人民共和国国家标准物流术语》(修订版)(2006)中给物流的定义是:物品从供应地到接收地的实体流动过程,根据实际需要,将运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能实施有机结合<sup>[1]</sup>。

日本日通综合研究所出版的《物流手册》(1981)中这样解释:物流是将货物由供应者向需求者的物理性移动,是创造时间价值和场所价值的经济活动,包括包装、搬运、保管、库存管理、运输、配送等活动领域<sup>[2]</sup>。

欧洲物流协会(1994)公布的《欧洲物流术语》中,对物流下了这样的定义:物流是在一个系统内对人员或商品的运输、安排及与此相关的支持活动的计划、执行与控制,以达到特定的目的<sup>[3]</sup>。

目前国际普遍接受的是美国关于物流的定义:物流是供应链流程的一部分,是为了满足客户需要,对商品、服务及相关信息从原产地到消费地的高效率、高效益正向及反向流动与储存进行的计划、实施与控制的过程<sup>[4]</sup>。

从上述不同国家和地区对物流的定义可以看出,物流需要与采购、供应、生产、销售等企业经营活动相对应,将信息传递、运输、配送、库存控制、仓库、装卸、搬运以及包装等物流活动综合起来,进行系统化、网络化和集成化管理。其目的是提高物流服务的品质,降低从原材料供应→产品的生产→产品向最终客户过渡整个过程的物流成本,实现企业的高收益。

物流系统化,就是将一定范围的物流视为一个大系统,运用系统学原理进行整体规划、设计、实施、协调与控制的过程。它能使物流系统以最优质的服务水平、最低廉的物流成本,实现物流系统合理化。

### 1.2.2 物流系统的组成

物流系统由人、财、物、设备、信息和任务目标等要素组成<sup>[5]</sup>:①人是物流活动的主要因素,是物流系统的主体。人是保证物流得以顺利进行和提高管理水平的最关键的因素;②财,即物流活动中不可缺少的固定资金和流动资金,及其有效利用;③物,即物流中原材料、半成品、成品、能源、生活用品等物质条件。它是构成物流生产力的三要素之一——劳动对象;④设备,包括围绕物流活动的建筑场所、机电设备、运输设备、搬运装卸设备等;⑤信息,包括人工或计算机处理的各种物流的统计资料、数据、报表、图纸、账目等;⑥任务目标,是指一个企业生存的基本指导方针,即生存和发展的理由,能为社会作出何种贡献。

以上称为外部环境对物流系统的输入。

物流系统本身所拥有的各种手段和特定功能,在外部环境作用下,对输入进行必要的转化活动,如物流管理、物流业务活动、信息处理等,使系统产生对环境有用的产成品,并提供给外部环境,这称为物流系统的输出,如运量、周转量、库存量、服务水平、客户满意率、收入、利润等。

### 1.2.3 物流系统的特征

物流系统具有以下特征<sup>[6,7]</sup>:①物流系统是客观存在的;②物流系统是一个大跨度系统,反映在两个方面:一是地域跨度大;二是时间跨度大,因此,它对信息有很强的依赖性;③物流系统属于中间层次系统范畴,系统本身具有可分解性,可以分解成若干个子系统;④物流系统稳定性较差,但动态性较强,它的每个环节时刻相互影响,其可能的失败往往归因于最薄弱的环节;⑤物流系统是复杂大系统。物资的品种多、数量大;人员的构成复杂,分布广、数量大;占用资金大;⑥物流系统的系统结构要素间有非常强的背反现象,即“交替损益”或“效益背反”现象,处理时稍有不慎系统总体就会恶化。

物流系统化的目的就是实现整体的物流合理化,物流系统的整体最优并不要求每个子系统和各个环节都最优,它的整体化具体表现在以下几个方面:①适当的质量;②适当的数量;③适当的时间;④适当的地点;⑤适当的产品;⑥适当的条件;⑦适当的成本。

### 1.2.4 物流系统的目标

物流系统具有以下几个基本目标<sup>[8]</sup>。

#### (1) 服务目标性

物流系统是“桥梁、纽带”作用的流通系统的一部分,它具体联结着生产与再生产、生产与消费,因此要求有很强的服务性。表现在:①对客户的订货能很快配送;②货物变质、损伤、丢失和发送错误少;③具有很好的实现运送、保管功能的包装;④信息流畅,反馈及时。

#### (2) 快捷目标

及时快捷不但是服务性的延伸,也是流通对物流提出的要求。把商品按客户指定的地点、迅速准确地送达目的地既是一个传统目标,更是一个现代目标。在物流领域采取的诸如直达物流、联合一贯运输、高速公路、时间表系统等管理方法和技术,就是这一目标的体现。

### (3) 节约目标

节约是经济领域的重要规律，在物流领域中除流通时间的节约外，由于流通过程中消耗大且商品的使用价值基本上不增加，所以依靠节约来降低投入，是提高相对产出的重要手段。例如，在土地紧张、价格上涨时期，为了降低投入成本，可相应地增加物流机械（高位货架）和立体化设施规模等。

### (4) 规模优化目标

以物流规模作为物流系统的目标，以此来追求“规模效益”。由于物流系统的稳定性差，因而难于形成标准的规模化格式。在物流领域以分散或集中等不同方式建立物流系统；依靠引入机械化、自动化达到省力的目的；利用电子计算机和通信技术等现代化技术进行信息处理；物流网络的建立与完善等。物流集约化的这些手段和程度，就是规模优化这一目标的体现。

### (5) 库存控制

库存控制目标是服务性的延伸，也是宏观调控的要求，它涉及物流系统本身的效益。在物流领域中正确确定库存方式、库存数量、库存结构、库存分布就是这一目标的体现。

## 1.3 物流系统的选址问题

### 1.3.1 选址问题的产生

选址问题源于工厂、医院、商店、学校等单位的建造、设置点位置选址等实际背景。此问题的一种基本提法为：给定平面上  $n$  个位置点  $P_i(x_i, y_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )，寻找选址点  $P(x, y)$ ，使得  $\max_i \{ |x - x_i| + |y - y_i| \}$  最小，这就是所谓的极小极大（min-max）选址问题或绝对值距离选址问题。Francis 早在 20 世纪就讨论了这种问题，并提出一些有益的结果<sup>[9]</sup>，其后相继出现了一些较直观的几何求解法，并开始探讨其他类型距离的选址问题，如欧氏距离、范数距离以及  $\Sigma$  形式的目标函数等<sup>[10~12]</sup>。至 20 世纪七八十年代，已有人研究了选址点  $P$  必须位于某个凸区域内（包括边界）的带约束问题，以及各位置点带权重的赋权问题等<sup>[13]</sup>。

许多选址问题的早期理论是由土地经济学家和区域地理学家提出的，运输成本在选址决策中的重要作用是贯穿所有这些早期研究的共同主题。最早的选址问题由韦伯提出，他所考虑的选址问题是确定一个仓库位置，从而使仓库与各处客户之间总的运输距离最短<sup>[14]</sup>。对于这一问题，Isard 结合了工业选址、土地使用

和相关问题进行了重新研究<sup>[15]</sup>。另一个较早的选址问题是由 Hotelling 提出的<sup>[16]</sup>。Hotelling 是一个经济学家,他提出的问题是在一条直线上两个相互竞争供应商的选址。随后 Smithies 和 Stevens 又对这一问题进行了扩展<sup>[17, 18]</sup>。

在 20 世纪 50 年代末和 60 年代初,众多学者都在研究设施布置和设计问题。Lösch 和 Moses 认为经济因素与生产中心选址是有关系的<sup>[19, 20]</sup>。Miehle 则研究使网络内的连接长度最小的问题<sup>[21]</sup>。此后,选址理论的研究工作是在几个不相关的领域内展开的,因此并没有形成统一的理论。直到 Hakimi 对选址问题进行了更加理论化的研究,他考虑了带有一般性的问题,就是在一个网络中选定一个或多个设施的位置,使得总距离或设施与点之间的距离最小<sup>[22]</sup>。至此选址理论已有了很大的发展,并扩展到很多实际应用中。近年来,随着物流业的发展,针对工厂、仓库、配送中心等物流设施的选址问题又被重提出来,并引起重视。

### 1.3.2 选址问题研究意义

随着世界经济的快速发展以及现代科学技术的不断进步,物流业作为国民经济的一个新兴服务行业,正在全球范围内迅速发展。在一些发达国家和地区,物流产业已成为国民经济的支柱产业。物流业的发展给社会的生产和管理、人们的生活和就业乃至政府的职能以及社会的法律制度等都带来巨大的影响,因此被认为是国民经济发展的动脉和基础产业,被形象地喻为促进经济发展的“加速器”。

配送作为实现物流系统功能的最后一个环节,是顾客可以直接感受到的物流服务,对实现整个物流系统功能来说具有重要意义,因此提高配送系统的效率是提高整个物流系统效率的重要环节。作为物流系统规划的重要环节之一,配送中心的选址决策对整个物流系统的系统效率和效益的提高都起着重要的作用。一方面,选址决策直接关系到日后物流配送中心自身的运营成本和服务水平。物流配送中心在整个物流系统中处于枢纽位置,一般规模庞大,地处要道,因此在选址过程中必须符合城市规划和商品储存安全的要求,适应商品的合理流向,交通便利,并具有良好的运输条件、区域环境和地形、地质条件,且具备给排水、供电、道路、通信等基础设施;另一方面,由于选址决策属于物流系统的长期规划项目,在进行物流配送中心选址决策时通常要考虑众多影响因素,这使得物流配送中心选址问题一般都非常复杂,难以解决。因此物流配送中心的合理选址是实现物流配送体系的社会化、产业化和系统化,也是实现物流业快速发展的必要条件。

物流中心的建设投资大、周期长、回收缓慢,且一经选定后就可能长期运营。因此,物流中心的合理选址(新建、改扩建或租用)就显得十分重要,它不仅与运行费用直接相关,而且对工作效率及物流控制水平会产生很大影响。而为提高物流系统的综合效益,在物流系统分析和设计时,物流中心的选址需要模型

化、数量化方法的支持。在物流研究与应用比较先进的国家,如美国、日本、德国等,在这方面已有多项研究报告与应用成果问世。而在中国,物流合理化的研究仍处于初始阶段,还需引起更多的关注和重视。

### 1.3.3 选址问题研究现状

#### (1) 国外有关选址问题的研究

从20世纪70年代以来,随着大量算法的提出,为选址问题提供了良好的解决方法。Revelle和Swain提出一个松弛线性规划算法<sup>[23]</sup>。Bilde、Krarup和Erlenkotter提出了双向斜坡算法和局部搜索算法<sup>[24, 25]</sup>,这些算法能有效地解决规模相对较大的问题。Pirkul提出了拉格朗日松弛算法<sup>[26]</sup>。Galvão和Raggi就P-中心问题提出了拉格朗日松弛算法<sup>[27]</sup>。Mirchandani、Francis和Daskin提出用一些精确算法和启发式算法解离散选址问题,模型中目标函数由固定费用和运输费用组成<sup>[28, 29]</sup>。Taniguchi等建立了求解公共物流节点最优规模和位置的模型,并提出用排队理论和非线性规划方法进行求解<sup>[30]</sup>。Chen提出用模糊方法进行配送中心的选址<sup>[31]</sup>。Hidaka和Okano提出先用贪婪启发式方法,然后用气球搜索启发式方法解大规模的设施选址问题<sup>[32]</sup>。

#### (2) 国内有关选址问题的研究

随着一些算法的提出和改进,国内有更多的启发式算法应用到了选址问题的求解上来。王战权、杨东援和汪超对配送中心选址的遗传算法进行了研究<sup>[33]</sup>。陆华和杨家其提出模糊排序及启发式算法应用在物流中心选址中<sup>[34]</sup>。马正元和黄斌提出Hopfield人工神经网络应用在物流配送中心选址优化中<sup>[35]</sup>。傅新平提出层次分析法应用在物流中心选址中<sup>[36]</sup>。接着杨虹和邱祝强提出了改进层次分析法应用在配送中心选址中<sup>[37]</sup>。张培林和魏巧云在考虑了产品运输成本和配送中心运营可变成本的基础上,建立了一个有多个配送中心的选址模型。模型的求解主要分两部分,对于线性函数部分,用运输问题的“表上作业法”予以求解;对于非线性部分,用“启发式”算法进行优化<sup>[38]</sup>。胡桔州、张志勇和匡建华都提出Floyd最短路径算法应用在配送中心选址中<sup>[39, 40]</sup>。韩庆兰和梅运先通过建立选址决策的模糊评价矩阵,利用BP人工神经网络来处理数据,较客观地对多个选址方案的优劣进行评价<sup>[41]</sup>。

不管是从定性的还是定量的角度,以上算法的提出有效地解决了选址问题,但一般的模型的建立比较简单,很少考虑环境因素,即绿色物流。

### 1.3.4 选址问题相关研究基础

物流系统的选址问题又称为配送中心选址问题,是指在一个具有若干供应点以及若干需求点的区域内确定配送中心的数目以及配送中心的具体位置<sup>[42,43]</sup>。

#### (1) 配送中心选址的目标及考虑的因素

由于配送中心是进行社会物流组织的重要节点,其运作模式的主要特点在于它不是从事具体商品生产的社会组织,只是从生产商手中汇集各种商品资源,再进行分类、配送等集约化活动,以实现物流活动的规模经济性,有效地降低整个社会的物流成本,所以在商品资源分布、需求状况以及运输和其他自然条件的影响下,如果将配送中心规划在同一区域的各个地点,不同布局方案可能使整个物流系统的运作成本产生较大差异,所以在已有的客观条件下,如何设置配送中心,使得整个系统的物流费用最低,客户服务效果最佳,是配送中心选址的中心问题。

一般来讲,配送中心选址应以费用低、服务好、辐射强以及社会效益高为目标。费用低是指寻求配送中心包括建设费用和经营费用在内的总费用最低;服务好是指配送中心选择的地址应该能够保证物品及时、完好地送达用户;辐射强以及社会效益高是指配送中心的选址应该从整个区域的物流大系统出发,使配送中心的地域分布与区域物流资源和需求分布相适应,适应相关地区经济发展的需要。

基于以上目标,物流中心选址时应该考虑的客观因素,主要包括大面积土地的可得性、土地的成本、交通的便利性、自然条件、劳动力因素和与市场的距离。

#### (2) 配送中心选址的决策步骤

配送中心选址的决策通常包括几个层次的筛选,是一个逐步缩小范围、更为具体的选择过程,如图 1.1 所示。

#### (3) 配送中心选址模型

##### 1) 连续点选址模型

连续点选址问题是指在一条路径或者一个区域里面的任何位置都可以作为选址的一个选择。最常用的连续点选址模型是精确重心法或称重心法。模型中考虑的选址因素只包括运输费率和该点的货运量。在数学上,该模型被归

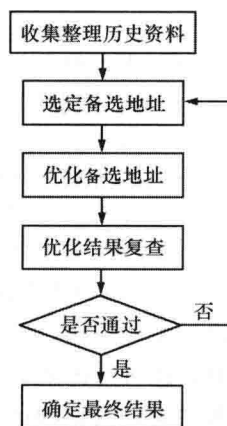


图 1.1 配送中心选址的一般过程

为静态连续选址模型。

### 1. 精确重心模型

设有一系列节点分别代表生产地（或需求地），各自有一定量货物需要以一定的运输费率运向位置待定的配送中心（或从配送中心运往需求地），那么可以建立该配送中心位置模型：

$$\min T(C) = \sum_i v_i r_i d_i \quad (1.1)$$

在式 (1.1) 中， $T(C)$  为总运输成本； $v_i$  为节点  $i$  的运输量； $r_i$  和  $d_i$  分别为从位置待定的配送中心到节点  $i$  的运输费率和距离。

距离  $d_i$  可以由下式估计得到

$$d_i = \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2} \quad (1.2)$$

在式 (1.2) 中， $\bar{x}$ ， $\bar{y}$  为位置待定的配送中心横、纵坐标； $x_i$ ， $y_i$  为生产地（需求地）的横、纵坐标。具体求解过程如算法 1-A 所示。

#### 算法 1-A

step1: 确定各生产地（需求地）点的横、纵坐标值  $x_i$  与  $y_i$ ，同时确定各点之间的货物运输量和运输费率。

step2: 不考虑距离因素  $d_i$ ，用重心公式估算初始选址点

$$\bar{x} = \frac{\sum_i v_i r_i x_i}{\sum_i v_i r_i}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_i v_i r_i y_i}{\sum_i v_i r_i}$$

step3: 根据距离式 (1.2)，用 step2 得到的  $\bar{x}$ ， $\bar{y}$  计算  $d_i$ 。

step4: 将  $d_i$  代入精确重心公式

$$\bar{x} = \frac{\sum_i v_i r_i x_i / d_i}{\sum_i v_i r_i / d_i}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_i v_i r_i y_i / d_i}{\sum_i v_i r_i / d_i}$$

解出修正的  $\bar{x}$ ， $\bar{y}$  值。

step5: 根据修正的  $\bar{x}$ ， $\bar{y}$  值，再重新计算  $d_i$ 。

step6: 重复 step4~step5 直至  $\bar{x}$ ， $\bar{y}$  值在连续迭代过程中都不再变化，或变化很小。

step7: 最后，如果需要，利用成本公式计算最优选址的总成本。

### 2. 精确重心法的评述

在许多实际应用中，该方法能够计算出一个合理接近最优解的选址，可以得出一个最小成本的满意解，而且当各点的位置、货物运输量及相关成本完全对称时，还可得出最优解。研究表明，如果问题所研究的需求点或供给点数量较多，各供需点的货物运量随机、比较均衡，运输费率与距离成线性或近似线性关系，则潜在误差将很小。

但是采用该方法，要得到一个更精确的解只能求助于一个反复迭代的过程，

计算比较复杂。而且,重心法是一种连续选址法,对地点没有限制,根据模型计算出的结果可能不实用,如选址点可能落在街道中央,因此需要根据其他条件对最后结果进行调整。

精确重心法的特性和直观性使其颇受欢迎,也拓展出许多推广模型,主要有考虑客户服务和收入、解决多中心选址问题、引入非线性运输成本等。

### 3. 连续点选址问题的评述

除重心模型外,常用的连续点选址方法还有图表技术和近似法。这些方法体现现实情况的程度、计算的速度和难度、得出最优解的能力都各不相同。可以说没有任何模型能够描述问题的全部条件,也不可能由模型的解直接导出最终决策,这些模型只能提供指导性解决方案。

连续点选址模型常用的一些假设条件有:

①模型常常假设需求量集中于某一点,而实际上需求来自分散于广阔区域内的多个消费点。市场的重心通常被当作需求的聚集地,而这会导致某些计算误差,因为计算出的运输成本是到需求聚集地而非到单个的消费点。

②连续点选址模型一般根据可变成本来进行选址。模型没有区分在不同地点建设中心所需要的资本成本,以及与在不同地点经营有关的其他成本(如劳动力成本、库存持有成本、公共事业费用)之间的差别。

③总运输成本通常假设运价随运输距离成比例增加,然而,大多数运价是由不随运距变化的固定部分和随运距变化的可变部分组成。最低运费和运价分段统一则更加扭曲了运价的线性特征。

④模型中各个节点之间的路线通常假定为直线。实际上这样的情况很少,因为运输总是在一定的公路网络、在既有的铁路系统中或在直线环绕的城市街道网络内进行的。如果在模型中引入一个比例因子,可以把直线距离转化为近似的公路、铁路或其他运输网络的里程。

⑤连续点选址通常是静态的,没有考虑经营情况的动态变化,即模型无法找到反映未来收入和成本变化的解。

这些连续点选址模型的优点是有助于寻找问题的最优解。但是由于假设条件的存在,模型在适用于实际问题时都会表现出一定的缺陷。重要的是模型结果对问题失实的敏感程度。如果简化假设条件(比如假定运输费率呈线性),对模型中心选址的建议影响很小或根本没有影响,那么模型就是有效的。

### 2) 离散点选址模型

离散点选址是指在有限的候选位置里面,选取最为合适的一个或一组位置为



最优方案，相应的模型就叫做离散点选址模型。它与连续点选址模型的区别在于：拥有的候选方案只有有限个元素，在考虑问题的时候，只需要在这有限的几个位置进行分析。

### 1. 覆盖模型

所谓覆盖模型，就是对于需求已知的一些需求点，如何确定一组服务设施来满足这些需求点的需求。在此模型中，需要确定服务设施的最小数量和合适位置。该模型适用于商业物流系统，如零售点选址问题、加油站选址，公用事业系统，如急救中心、消防中心选址等。根据解决问题的方法的不同，可以分为两种主要模型：

- ①集合覆盖模型：用最小数量的设施去覆盖所有的需求点。
- ②最大覆盖模型：在给定数量的设施下，覆盖尽可能多的需求点。

下面简介集合覆盖模型<sup>[44]</sup>。集合覆盖模型的目标是用尽可能少的设施去覆盖所有的需求点，相应的目标函数为：

$$\min \sum_{j \in M} x_j \quad (1.3)$$

约束条件为：

$$\begin{aligned} \sum_{j \in B(i)} y_{ij} &= 1, \quad i \in N \\ \sum_{j \in A(j)} d_i y_{ij} &\leq C_j x_j, \quad j \in M \\ x_j &\in \{0, 1\}, \quad j \in M \\ y_{ij} &\geq 0, \quad i \in N; \quad j \in M \end{aligned} \quad (1.4)$$

在式 (1.3) 和式 (1.4) 中， $N = \{1, 2, \dots, n\}$  为研究对象中的  $n$  个需求点集合； $M = \{1, 2, \dots, m\}$  为备选设施点的集合； $d_i$  为第  $i$  个需求点的需求量； $C_j$  为备选设施点  $j$  的容量； $A(j)$  为设施点  $j$  所覆盖的需求点的集合； $B(i) = \{j \mid i \in A(j)\}$  表示可以覆盖需求点  $i$  的设施点  $j$  的集合； $x_j$  为 0, 1 决策变量，当  $x_j = 1$  时，表示在点  $j$  可建设施；当  $x_j = 0$  时，表示点  $j$  不可建； $y_{ij}$  为需求点  $i$  需求中被分配给设施点  $j$  的比例。

### 2. P-中值模型

P-中值模型是指在一个给定数量和位置的需求点（客户）集合和一个候选设施点位置的集合下，分别为  $P$  个设施点找到合适的位置并指派每个需求点到一个特定的设施点，使之达到需求点和设施点之间的运输费用最低。

P-中值模型可以用精确的数学语言描述。一般 P-中值模型为<sup>[22]</sup>

$$\min \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} d_i c_{ij} y_{ij} \quad (1.5)$$