

物流配送中心选址 与路径优化问题 ——建模与求解

李珍萍 周文峰 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

物流配送中心 选址与路径优化问题 ——建模与求解

李珍萍 周文峰 著



机械工业出版社

本书系统总结了作者近年来在物流配送中心选址及路径优化问题建模与求解方面的研究成果,从定量模型及算法的角度对物流领域的相关问题进行了深入研究。其中包括一般配送中心选址问题、带限制条件的配送中心选址问题、应急服务设施选址问题、应急服务设施多重覆盖选址问题、垃圾处理场选址问题、竞争设施选址问题、运输路径优化问题、车辆路径问题、定向问题等。每一个问题中又包括 2~5 个不同的子问题,对于每个子问题,分别从问题的背景描述、数学模型建立、求解数学模型的算法设计、案例分析等几个方面进行介绍。本书各个章节之间既有联系,又独立成体系,可以作为物流工程专业本科生、研究生及科研工作者学习或从事相关问题研究的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物流配送中心选址与路径优化问题:建模与求解/李珍萍,周文峰著. —北京:机械工业出版社,2014.11

ISBN 978-7-111-47674-0

I. ①物… II. ①李… ②周… III. ①物流配送中心—选址—研究 IV. ①F253.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 187350 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:牛新国

版式设计:赵颖喆 责任校对:肖琳

封面设计:鞠杨 责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·11 印张·208 千字

0001—2300 册

标准书号:ISBN 978-7-111-47674-0

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

PREFACE

配送中心选址问题是指在一个具有若干供应点及若干需求点的范围内,选择一个或多个地址设置配送中心,以完成货物的汇集、中转、分发等任务,并且使总成本最低。配送路径优化问题是指在配送中心和客户位置确定的前提下,根据客户的需求量、配送车辆的容量及路况等信息,确定配送车辆数目以及每一辆配送车辆的配送路径,使得在满足客户需求的前提下,使总配送成本达到最小。好的配送中心选址方案和配送路径,不仅可以提高物流企业的工作效率,降低物流成本,而且有利于促进社会的和谐发展。近年来,本书作者带领的团队从定量的角度出发,运用运筹学、计算机科学等方法,研究了物流配送中心选址和配送路径优化中的一系列相关问题,取得了丰硕的研究成果。本书对作者及团队成员近年来取得的研究成果进行了系统的汇总整理。

本书由 11 章组成:

第 1 章“绪论”,对配送中心选址和配送路径优化问题的研究背景、研究现状进行了简单综述,分析了配送中心选址和配送路径优化问题研究中存在的主要不足,进而提出了本书的研究内容和研究框架,为本书奠定了基础。

第 2 章“一般配送中心选址问题”,分别给出了单配送中心选址问题、双配送中心选址问题、多配送中心选址问题的一般描述,通过引入适当的变量建立了各个问题的数学模型,并分别给出了精确算法及启发式算法,结合具体实例进行了分析。

第 3 章“带限制条件的配送中心选址问题”,分别研究了考虑配送中心之间距离限制的选址问题、考虑配送中心容量限制的选址问题、考虑货物周转费用及配送中心容量限制的选址问题、考虑配送路径容量限制的配送中心选址问题等,给出了各个问题的背景、问题描述,建立了相应的数学模型,并分别设计了求解算法。

第 4 章“应急服务设施选址问题”,研究了以最大应急反应时间最短为目标的一般应急服务设施选址问题,并将该问题表达成一个整数线性规划模型;进一步研究了考虑需求点的人口数量、人口密度等因素的应急服务设施选址问题,最后研究了考虑应急设施服务能力限制的应急服务设施选址问题。各个问题均表示成了整数线性规划模型,并给出了求解模型的方法。本章研究的问题属于应急服

务设施单重覆盖选址问题。

第5章“应急服务设施多重覆盖选址问题”，将最大应急反应时间限制作为约束，研究了应急服务设施多重覆盖选址问题，进一步考虑了灾害损失，建立了以总损失最小化为目标函数的应急服务设施多重覆盖选址问题的数学模型，并设计了相应的解法。

第6章“垃圾处理场选址问题”，以垃圾处理场选址问题为例，研究了“邻避型”设施选址问题，建立了以垃圾处理场对周围居民造成的最大危害极小化为目标函数的单目标垃圾处理场选址模型，以及同时考虑选址成本极小化的双目标垃圾处理场选址模型，这两个问题的模型均可以表示成整数线性规划模型，针对模型的特点，分别给出了求解方法。

第7章“竞争设施选址问题”，首先研究了连续区域上有地理阻断的单个竞争设施选址问题，建立了问题的整数线性规划模型，并设计了求解模型的算法；接下来，研究了考虑聚集效应的离散型竞争设施选址问题，通过适当简化，将聚集效应加以量化，建立了考虑聚集效应的离散型竞争设施选址问题数学模型，并分别设计了精确算法和启发式算法。

第8章“运输路径优化问题”，推广了传统意义下的运输问题，研究了多个产地、多个需求地的点对点运输过程中，以最长运输时间最小化为目标的最短时限运输问题，以及带时间限制的最小费用运输问题等；分别建立了各个问题的数学模型，并给出了相应的求解方法；进一步将带时间限制的最小费用运输问题转化成网络上的最小费用最大流问题，并设计了相应的网络流解法。

第9章“配送车辆路径问题”，研究了经典车辆路径问题（VRP）的几种扩展情况，其中包括：多时间窗车辆路径问题、考虑不同时间段路况影响的带时间限制的车辆路径问题、双需求集货-送货一体化车辆路径问题等，给出了各个问题的描述，建立了相应的数学模型，并分别设计了精确算法或遗传算法。

第10章“几类定向问题”，研究了带指定点集的定向问题、带指定点集和时间依赖型定向问题、带容量限制和时间窗的团队定向问题等，分别给出了各个问题在物流配送中的应用背景及问题描述，建立了问题的数学模型，设计了求解各个问题的精确算法和启发式算法。

第11章“总结与展望”，对全书进行了总结，并提出了物流配送中心选址及配送路径优化问题的深入研究方向。

本书对所研究的每一个问题，均给出了问题描述，建立了数学模型，并设计了相应的求解算法，对所有新设计的算法均利用实例进行了模拟计算，并对结果进行了分析。本书可供从事运筹学、管理科学与工程、物流工程等相关问题研究的人员参考。

在本书的写作过程中，作者借鉴了很多学者的研究成果，在参考文献中已尽

可能详尽地列出，在此，对这些专家学者的研究表示衷心的感谢。同时，对于由于作者疏漏而没有列出其研究成果的专家学者，在此表示诚挚的歉意。

本书的编写出版得到北京物资学院领导、同事的大力支持，还得到机械工业出版社的热情帮助，在此一并表示深深的谢意。

本书的出版得到北京市属高校高层次人才引进与培养计划——长城学者培养计划项目（CIT&TCD20130327）和北京物资学院重大科研项目的联合资助。

由于作者水平所限，书中难免存在不妥和错误之处，敬请各位专家学者和同行批评指正。

李珍萍 周文峰

2014年6月

目录

CONTENTS

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 物流配送中心选址和配送路径优化问题背景	1
1.2 物流配送中心选址和配送路径优化问题研究现状	2
1.3 本书的主要内容及结构安排	3
第 2 章 一般配送中心选址问题	4
2.1 单配送中心选址问题	4
2.2 双配送中心选址问题	9
2.3 多配送中心选址问题	15
2.4 本章小结	21
第 3 章 带限制条件的配送中心选址问题	22
3.1 带距离限制的多配送中心选址问题	22
3.2 带容量限制的多配送中心选址方法	25
3.3 带道路容量限制的配送中心选址问题	32
3.4 本章小结	41
第 4 章 应急服务设施选址问题	42
4.1 以应急反应时间最短为目标的应急服务设施选址问题	42
4.2 考虑人口因素的应急服务设施选址问题	45
4.3 考虑服务能力限制的应急服务设施选址问题	51
4.4 本章小结	55
第 5 章 应急服务设施多重覆盖选址问题	56
5.1 限定期下应急服务设施多重覆盖选址问题	57
5.2 考虑灾害损失的应急服务设施多重覆盖选址问题	60
5.3 本章小结	68
第 6 章 垃圾处理场选址问题	69
6.1 单目标垃圾处理场选址问题	70
6.2 双目标垃圾处理场选址问题	72

6.3 本章小结.....	77
第 7 章 竞争设施选址问题	78
7.1 连续区域上的竞争设施选址问题.....	78
7.2 考虑聚集效应的离散型竞争设施选址问题.....	84
7.3 本章小结.....	93
第 8 章 运输路径优化问题	94
8.1 最短时限运输问题的数学模型及算法.....	94
8.2 带时间限制的最小费用运输问题.....	101
8.3 带时间限制的最小费用运输问题的网络流解法.....	108
8.4 本章小结.....	113
第 9 章 配送车辆路径问题	114
9.1 多时间窗车辆路径问题.....	114
9.2 带时间限制的车辆路径问题.....	122
9.3 双需求集货-送货一体化车辆路径问题.....	127
9.4 本章小结.....	134
第 10 章 几类定向问题	135
10.1 带指定点集的定向问题.....	135
10.2 带指定点集和时间依赖型定向问题.....	145
10.3 带容量限制和时间窗的团队定向问题.....	153
10.4 本章小结.....	160
第 11 章 总结与展望	162
11.1 总结.....	162
11.2 未来的研究设想.....	162
参考文献	164

绪 论

1.1 物流配送中心选址和配送路径优化问题背景

全球经济一体化进程的不断发展和信息技术的日新月异,极大地促进了物流业的发展。我国物流业正处于快速发展的起步阶段,国际上一般以物流成本占GDP比例来衡量一个国家的物流发展水平,比例越低越先进。目前,我国的物流比例指标大约为20%,远远落后于发达国家。配送是物流中的重中之重,据ATM行业调查显示:在美国、加拿大、欧盟,运输配送成本占物流总成本的60%左右,而仓储作业成本、存货放置成本和管理成本都不及25%。因此,要降低物流成本,首先应该降低物流配送成本。

配送中心选址和配送路径优化问题是物流配送过程中的最重要的问题,它直接影响到物流配送的效率、服务质量和配送的成本。国外的研究表明,现实配送中距离的6%和时间的12%被浪费掉,在我国这个比例还要高。尤其是城市物流配送以城市为配送范围,配送路线繁多复杂,在配送过程中各路段受各种交通信息影响较大,节点之间的可达性受到制约,交通拥堵现象时有发生,因此,浪费在配送过程中的费用就更高了。

物流配送中心的选址对于改善物流现状、控制物流配送成本至关重要,可以说,物流配送中心的选址在很大程度上决定着物流配送成本。在物流系统中,配送中心居于重要的枢纽地位。好的物流配送中心选址方案可以有效地节省费用,降低运输成本,提高运输质量,保证物流系统的平衡发展。

在货物配送过程中,运输费用是成本构成主要因素之一,因此,确定运输成本最低(如运费最少)的配送路径方案,是降低配送成本的关键。在确定配送路径的过程中,除了考虑运费因素以外,有时候还需要考虑一些其他因素,如冷链物流商品,生鲜农产品的时效性,运输车辆的容量限制等,有时候这些因素的重要性甚至超过了运输成本。因此,如何在不同限制条件下选择最佳配送路径,是从根本上提高配送效率和顾客满意度、降低配送成本的关键。

1.2 物流配送中心选址和配送路径优化问题研究现状

国外对于配送中心选址问题的研究已有 60 多年的历史,国内的研究比较晚,大约有 20 多年的历史。

经典的配送中心选址方法大致可以分为三类:连续模型选址方法、离散模型选址方法和德尔菲(Delphi)专家咨询法选址方法^[1]。

连续模型选址方法适用的条件是:物流配送中心的地点可以选在平面上的任意点,该类选址方法的典型代表是重心法。连续模型选址方法不限于对特定的备选点的选择,灵活性较大,尤其适用于单个物流配送中心的选址问题。这类方法的缺点是,由于选择配送中心地址时没有考虑实际的约束条件,因此,从模型中选出来的最佳配送中心位置有可能受到一些实际条件的制约(如处在湖的中央位置、处在建筑物所在位置等)而无法建立真正的配送中心。

离散模型选址方法适用的条件是:物流配送中心的备选地点是有限的几个场所,最合适的地址只能按照预定的目标从有限个可行点中选取。代表性的方法有:整数或混合整数规划法、鲍摩-瓦尔夫(Baumol-Wolfe)法、库恩-汉姆布利尔(Huehn-Hambureer)法、反町氏法、逐次逼近模型法等^[2]。

国内学者对离散模型选址方法的研究取得了不少成果,王战权^[3]提出了混合整数规划模型,并采用遗传算法对模型进行分析求解。刘海燕^[4]等在分析物流系统中库存管理、运输、配送中心之间联系的基础上,应用最优化方法建立了一个物流配送中心选址问题的混合整数规划模型。胡刚^[5]等在考虑物流配送中心固定运营成本的基础上提出了求解离散型模型选址问题的启发式算法。

虽然离散模型选址方法得出的结果与实际情况比较相符,但是由于离散模型选址问题是 NP-hard 问题,因此当问题的规模增大时,计算时间将呈指数增加。

德尔菲(Delphi)专家咨询法选址的思路是将专家凭经验做出的判断以数值形式表示,经过综合分析后进行选址决策。这是将定性分析和定量计算相结合的一类方法。

除了经典配送中心选址问题以外,近年来国内外学者还对于一些特殊类型的配送中心选址问题开展了相关研究,如带距离限制的配送中心选址问题^[12],带容量限制的配送中心选址问题^[13,15,16],带道路容量限制的配送中心选址问题^[18]等。另外还有一些学者致力于研究一些特殊类型的设施选址问题,如应急设施选址问题^[23-27],邻避型设施选址问题,竞争设施选址问题^[28-29,31,38]等。由于这些特殊类型的设施选址问题比较复杂,学者们大都在一定的假设下对问题做了简化,还有很多实际情况没有考虑到,因此需要进行深入的研究。

根据配送中心数目、配送车辆数目等条件的不同,可以将配送路径优化问题

分为点点间运输、多点间运输、单回路运输（TSP 模型）及多回路运输（VRP 模型）等类型，对于这些类型中的经典问题（即不带限制条件的问题），国内外研究者已经给出了完善的理论结果。近年来，对配送路径优化问题的研究热点主要集中在对各种经典问题的扩展研究上，即在考虑各种现实条件的前提下，提出的带限制条件的路径优化问题，如最短时限运输问题^[39,40]，带时间窗的路径优化问题^[61,64-65,77]、带车容量限制的路径优化问题等。虽然经典的物流配送路径问题相关的研究成果已经很丰富，但与现实中复杂多变的实际情况相比，这些研究结果仍显得不足。

而且，由于经典的车辆路径问题是 NP-hard 问题，到目前为止，对该问题的研究结果大都集中在一些特殊情况的启发式算法设计方面。对于更多符合实际情况的模型和算法研究结果仍然很少，如同时考虑时间限制和运输费用的点点间运输问题、带多时间窗的车辆路径问题、考虑不同时段道路交通状况的车辆路径问题、同时具有集货送货两种需求的车辆路径问题、考虑特殊需求点优先级别的车辆路径问题，以及考虑随机需求的车辆路径问题等。对于这些更实际问题的研究，有助于丰富物流配送中心选址及配送路径优化问题的研究成果，为全面开展科学管理、有效降低物流成本提供理论依据。

1.3 本书的主要内容及结构安排

本书围绕物流配送中心选址和配送路径优化问题展开阐述，总结作者及团队成员近年来在该领域的研究成果，介绍相关类型的配送中心选址与配送路径优化问题，重点是建立各种问题的数学模型，并设计相应的求解方法。

本书共包括 11 个章节的内容，第 1 章为绪论，第 2 章介绍一般配送中心选址问题，第 3 章介绍带各种限制条件的配送中心中心选址问题，第 4 章、第 5 章介绍应急设施选址问题，第 6 章介绍垃圾处理场选址问题，第 7 章介绍竞争设施选址问题，第 8 章介绍几类运输路径优化问题，第 9 章介绍几类车辆路径问题的扩展情况，第 10 章介绍几类定向问题的研究成果，第 11 章是总结与展望。

本书各个章节的内容均是作者及团队成员近年来科研成果的总结，大部分都已经发表在核心期刊上，各章节内容均可独立成体系。

本书主要采取了理论分析与计算机模拟相结合的方法，对于要研究的各个问题，首先从理论的角度进行分析，利用运筹学、数学建模、统计学等方法建立数学模型，然后针对模型，利用现代计算技术寻找求解方法，并进行计算机模拟计算，再根据计算结果对实际问题加以解释。

一般配送中心选址问题

2.1 单配送中心选址问题^[6]

本节介绍利用重心法和模糊层次分析法相结合解决单一配送中心的选址问题的过程。首先,运用重心法对配送中心进行初始选址,得出几个备选地址,然后,运用模糊层次分析法对备选地址进行筛选,得到最佳选址方案,最后,把该方法应用于某物流企业,得到了满意的选址方案。与传统选址方法相比,该方法不仅考虑了运输费用,还综合考虑了影响选址的自然条件、社会环境和经济等因素,因此得到的结果更贴近实际。

2.1.1 引言

所谓配送中心,是指接受生产厂家等供货商多品种、大批量的货物,按照多家需求者的订货要求,迅速、准确、低成本、高效率地将商品配送到需求场所的物流节点设施。配送中心位置的恰当与否直接关系到整个企业的物流运作水平^[7],因此配送中心的选址是物流系统规划中最重要的一个环节。

单配送中心选址问题可以描述为:假设某区域内有 n 个需求点,已知各个需求点的需求量、自然条件、社会环境、污染等现状,现欲在该区域内的若干个配送中心备选地址中选择一个建立配送中心,问应该选择哪个位置?

传统的配送中心选址问题多以成本最小化为目标,大体可以分为两类,一类是基于中值选址模型发展起来的运输成本最小化模型,主要有概率模型、排队模型和情景模型,另一类是基于覆盖选址模型的以服务效率为前提的建设成本最小化模型^[8]。在物流系统规划过程中,除了成本因素以外,常常还需要考虑多种因素,如自然条件、社会环境、污染等。因此配送中心选址问题是一个多准则决策问题,即包括多个方案和多个确定方案的准则。本节将在运输成本尽可能小的前提下,结合多准则决策方法,综合考虑多种因素,将重心法和模糊层次分析法相结合,提出一种简单实用的配送中心选址方法。

2.1.2 算法描述

第一步,利用重心法确定初始选址位置。把物流系统中的需求方和供给方

分别看成是分布在某一平面物体系统内的已知点,各点的需求量和供应量分别看作物体的重量,利用求物体系统重心的方法来确定配送中心的位置,将求得的物体系统的重心作为配送中心的最佳设置点。由于重心法只考虑距离、运输费用等少量因素,因而求出的最优解与实际的最佳配送中心选址位置之间可能存在较大差异。例如求出的位置可能为某一湖心,因而不在于选址可行区域内。为了克服这一缺陷,我们首先利用重心法求得一个理想位置,然后以该点为圆心、 R 为半径确定 M 个初始候选地址 (M 大于或等于 2),其中 R 的大小依具体情况来定。

重心法有离散点选址的重心法和连续点选址的重心法。本节采用计算比较简单的离散点选址的重心法,其计算公式为

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n h_i w_i X_i / \sum_{i=1}^n h_i w_i$$

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n h_i w_i Y_i / \sum_{i=1}^n h_i w_i$$

式中, $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 分别为所要确定的重心位置的横、纵坐标; X_i 、 Y_i 分别为各个需求地的横、纵坐标; w_i 表示的是需求量权重,即每个需求地的需货量。此外由于配送中心到各个需求地的距离不能直接使用直线距离,因此需要将直线距离乘以一个系数 h_i ,以便与实际相符。

第二步,将层次分析法和模糊综合评价法相结合确定最终选址方案。

(1) 确定候选地址的筛选指标 由于运输成本只是影响选址决策的一个因素,在实际选址时,还应该考虑自然条件、经济因素、社会环境等的影响。本节把土地价格、城市物流业发展情况、社会消费品零售总额等作为从候选地址中选择配送中心的评价指标。

(2) 利用层次分析法确定评价指标的权重。

① 建立层次结构模型。将选址问题按照不同的属性自上而下分解成若干层次。最上层是目标层,中间的一个或几个层次是准则层,最下层为方案层。

② 构造成对比较矩阵。从层次结构模型的第 2 层开始,对于从属于上一层每个因素的同一层的因素,用成对比较法和 1—9 判断尺度来表示两个指标之间的相对重要程度,直到最下层。由于本节用层次分析法来确定指标权重,因此,比较矩阵的构造只进行到倒数第 2 层。

③ 计算权向量并做一致性检验。对每个成对比较矩阵计算最大特征根及相应的特征向量,本节中使用和法求得特征根和特征向量,然后利用一致性指标、随机一致性指标和一致性比率做一致性检验。

(3) 利用 Delphi 法评分 邀请相关专家对各个候选地址依据指标进行评价,将评价结果分为很好、好、一般、较差、差这五个等级。

(4) 根据模糊综合评价法确定隶属度 依据专家评分及各指标的权重可计算出每个候选地址属于各等级的隶属度, 由隶属度大小确定最佳候选地址。

2.1.3 实例分析

本节选取参考文献[9]中的原朝阳柴油机厂(现已改为东风朝阳柴动力有限公司)配送中心选址问题的数据进行计算。该厂的供应商遍布全国各地, 其需求者以长三角地区的居多, 企业为了提高服务水平和配送能力, 从长期发展战略考虑, 决定在长三角地区选择一个城市建立配送中心。表 2-1 列出了各个城市柴油机需求企业的需求量、价值权重、价值重量、城市距离系数及城市坐标等信息。

表 2-1 长三角城市柴油机需求企业的需求量、价值权重、价值重量及城市坐标等

城市	需求商品重量 kg	价值权重	价值重量 kg	城市距离系数	横坐标	纵坐标
南通	71515.99	0.9	64364.39	1.5	164.5	69
上海	62892.57	0.8	50314.06	1.5	170	62
苏州	9754.808	1.1	10730.29	1.4	163	62
无锡	172808.8	0.6	103685.3	1.4	157	66
仪征	2734.163	1.8	4921.493	1.4	152	71
安庆	8592.663	1.3	11170.46	1.2	133.5	50
芜湖	24230.04	1.2	29076.05	1.3	139.5	59.5
南京	343259.9	0.6	205955.9	1.3	146	67
宁波	483872.1	0.5	241936.1	1.6	174	48.5
舟山	4499.008	1.7	7648.314	1.6	178.5	51

第一步, 利用重心法确定初始选址位置。根据离散重心法计算公式求得理想选址点为(162.2582, 57.3436), 其中需货量权重 w_i 为价值重量, 计算公式为: 价值重量=需求商品重量×价值权重。以重心法选出的位置为圆心, 半径 100km 范围内的城市有南通、上海、苏州和无锡, 将这 4 个城市确定为方案层的候选配送中心位置。

第二步, 将层次分析法和模糊综合评价法相结合确定最终的配送中心位置。

(1) 确定候选地址的筛选指标 先把配送中心的评价指标分为三大类, 即经济因素、社会环境和自然环境, 然后将三大类进行细分, 包含社会固定资产投资、税收水平、城市定位、物流业发展情况、土地价格等 10 个因素。根据这些因素建立层次结构模型, 如图 2-1。

(2) 建立准则层 1 对目标层和准则层 2 对准则层 1 的成对比较矩阵。

(3) 计算各层因素之间的权重并做一致性检验 利用成对比较矩阵计算各因素的权重, 并做一致性检验, 计算结果分别见表 2-2~表 2-5。结果显示, 所有的成对比较矩阵均通过一致性检验。

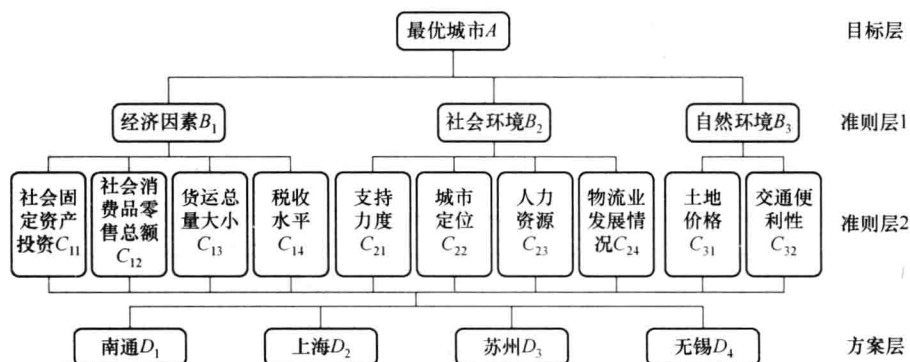


图 2-1 层次结构模型

表 2-2 准则层 1 对目标层的成对比较矩阵及权重

A	B_1	B_2	B_3	W_A	一致性检验
B_1	1	7	5	0.70	$\lambda = 3.086$ $CR = 0.043/0.58 = 0.07 < 0.1$
B_2	1/7	1	1/3	0.08	
B_3	1/5	3	1	0.22	

表 2-3 准则层 2 对准则 C_1 的成对比较矩阵及权重

B_1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	W_{B_1}	一致性检验
C_{11}	1	1	3	1	0.3	$\lambda = 4$ $CR = 0/0.9 = 0$
C_{12}	1	1	3	1	0.3	
C_{13}	1/3	1/3	1	1/3	0.1	
C_{14}	1	1	3	1	0.3	

表 2-4 准则层 2 对准则 C_2 的成对比较矩阵及权重

B_2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	W_{B_2}	一致性检验
C_{21}	1	1/2	1/2	1/2	0.142	$\lambda = 4$ $CR = 0$
C_{22}	2	1	1	1	0.286	
C_{23}	2	1	1	1	0.286	
C_{24}	2	1	1	1	0.286	

表 2-5 准则层 2 对准则 C_3 的成对比较矩阵及权重

B_3	C_{31}	C_{32}	W_{B_3}	一致性检验
C_{31}	1	1/2	0.33	$\lambda = 2$ $CR = 0$
C_{32}	2	1	0.67	

(4) 利用 Delphi 法评分并利用模糊综合评价法计算各个方案的综合评价等级 以南通为例, 根据 Delphi 法, 选取高校物流专业教授、物流公司管理人员和企业咨询专家共十人依据各指标对其进行评分。评分标准分为很好、好、一般、较

差、差五个等级，将其分别量化为 5、4、3、2、1。专家的评价结果如表 2-6 所示：

表 2-6 专家对南通市的评价结果统计

等级 指标	很好 5	好 4	一般 3	较差 2	差 1
C_{11}	0	6	4	0	0
C_{12}	0	1	3	6	0
C_{13}	0	0	6	4	0
C_{14}	0	1	2	4	3
C_{21}	0	3	4	2	1
C_{22}	2	3	3	2	0
C_{23}	2	6	2	0	0
C_{24}	2	0	6	2	0
C_{31}	4	1	5	0	0
C_{32}	3	3	4	0	0

根据表 2-6 的统计结果，可以确定出准则层 2 的各项指标模糊评价等级隶属度矩阵

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 \end{pmatrix} \quad R_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0 & 0.6 & 0.2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.1 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.3 & 0.4 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

根据模糊综合评价法，求出南通市的综合评价结果

$$R = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_{B1} \cdot R_1 \\ W_{B2} \cdot R_2 \\ W_{B3} \cdot R_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0.24 & 0.33 & 0.34 & 0.09 \\ 0.1716 & 0.3003 & 0.3714 & 0.1428 & 0.0142 \\ 0.333 & 0.234 & 0.433 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$A_1 = W_A \cdot R = (0.09 \quad 0.24 \quad 0.36 \quad 0.25 \quad 0.06)$$

A_1 表示南通的综合评价属于不同评判等级的隶属度。可知其属于“一般”的隶属度 0.36 为最大，因此南通被确定为一般。

按上述方法，可得上海、苏州和无锡的综合评价属于不同评价等级的隶属度，分别为

$$A_2 = (0.3 \quad 0.25 \quad 0.25 \quad 0.14 \quad 0.06)$$

$$A_3 = (0.4 \quad 0.2 \quad 0.18 \quad 0.12 \quad 0.1)$$

$$A_4 = (0.25 \quad 0.3 \quad 0.15 \quad 0.2 \quad 0.1)$$

可知,上海属于“很好”的隶属度最大为 0.3,苏州属于“很好”的隶属度最大为 0.4,无锡属于“好”的隶属度最大为 0.3。因此,在上海和苏州中选择,苏州为最佳的配送中心选址地。

由图 2-2 中的各城市的相对位置可以看出,配送中心选址在苏州是合适的。其中,五角星的位置为重心法所得的位置。

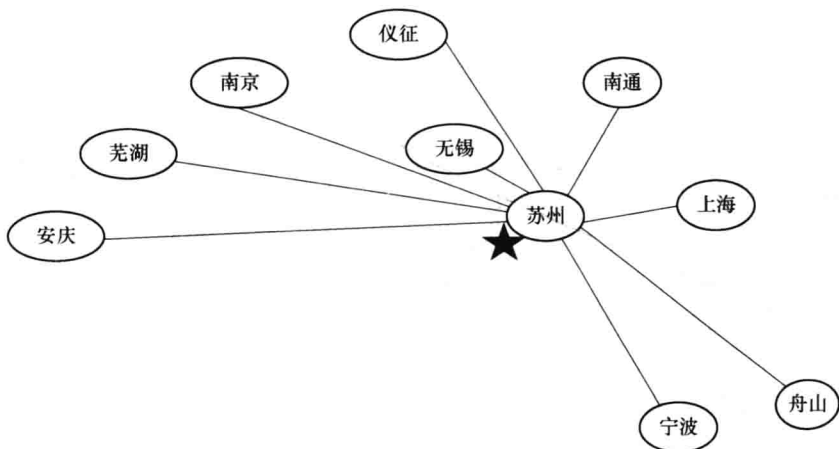


图 2-2 配送中心及需求企业所在城市的相对位置图

此外,苏州位于长三角中心区域,有良好的交通运输网络,如沪宁铁路和新长铁路将东北、环渤海、长三角三大经济区的南北陆海大通道组成一线。苏州一园二中心的保税物流(张家港保税物流园、苏州物流中心、苏州高新区保税物流中心),为苏州发展现代物流业提供了良好的发展环境。2007 年,苏州社会物流总额为 27344.88 亿元,比上年增长 22.16%,占全省社会物流总额的 35.78%^[10]。苏州的交通运输业税率 3%也属于较低水平。综上所述,该公司的配送中心选在苏州是合理的。

2.1.4 小结

由于本节给出的将重心法和模糊层次分析法相结合的配送中心选址模型和算法,不仅考虑了运输费用,还综合考虑了影响选址的其他因素,如自然条件、社会环境 and 经济因素等,因此得出的选址结果更科学、合理。虽然本节算法中需要以专家的打分为依据,选址结果可能会受到人为因素的影响,但只要在选取评价专家时采取一些必要的回避措施,就可以消除人为因素的影响。

2.2 双配送中心选址问题

实际工作中,当某种货物的需求点较多且分布于一个较大的区域时,由一个配送中心配送货物往往很难满足所有需求点的需要。而且当需求点距离配送中心