

· 中国物流与采购联合会系列报告 ·

中国物流 学术前沿报告

2015
—
2016

中国物流学会

China Society of Logistics

中国物流与采购联合会

China Federation of Logistics & Purchasing

China Logistics Academy Frontier Report (2015-2016)

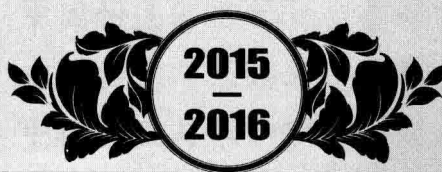


中国财富出版社
CHINA FORTUNE PRESS

中国产业研究报告·物流与采购

· 中国物流与采购联合会系列报告 ·

中国物流 学术前沿报告



中国物流学会

China Society of Logistics

中国物流与采购联合会

China Federation of Logistics & Purchasing

China Logistics Academy Frontier Report (2015-2016)

中国财富出版社

CHINA FORTUNE PRESS

图书在版编目(CIP)数据

中国物流学术前沿报告. 2015—2016 / 中国物流学会, 中国物流与采购联合会编.
—北京: 中国财富出版社, 2015. 11
ISBN 978 - 7 - 5047 - 5924 - 5

I. ①中… II. ①中… ②中… III. ①物流—研究报告—中国—2015 ~ 2016
IV. ①F259. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 251961 号

策划编辑 葛晓雯

责任编辑 葛晓雯

责任印制 何崇杭

责任校对 杨小静

责任发行 斯 琴

出版发行 中国财富出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼

邮政编码 100070

电 话 010 - 52227568 (发行部)

010 - 52227588 转 307 (总编室)

010 - 68589540 (读者服务部)

010 - 52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.cfpress.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 中国农业出版社印刷厂

书 号 ISBN 978 - 7 - 5047 - 5924 - 5/F · 2494

开 本 787mm × 1092mm 1/16

版 次 2015 年 11 月第 1 版

印 张 24.5

印 次 2015 年 11 月第 1 次印刷

字 数 580 千字

定 价 160.00 元

版权所有 · 侵权必究 · 印装差错 · 负责调换

《中国物流学术前沿报告》(2015—2016)

编 委 会

- 主任委员：何黎明 中国物流与采购联合会会长
中国物流学会会长
- 委 员：戴定一 中国物流学会常务副会长
中国物流与采购联合会专家委员会副主任
- 崔忠付 中国物流与采购联合会副会长兼秘书长
- 周林燕 中国物流与采购联合会副会长
- 任豪祥 中国物流与采购联合会副会长
- 蔡 进 中国物流与采购联合会副会长
中国物流信息中心主任
- 贺登才 中国物流与采购联合会副会长
中国物流学会副会长
- 余 平 中国物流与采购联合会党委副书记

《中国物流学术前沿报告》(2015—2016)

编辑人员

主 编：贺登才

成 员：黄 萍 周志成 吕 杨

联系方式：

中国物流与采购联合会 学会工作部

电 话：010 - 58566588 转 137、139、133

传 真：010 - 58566588 转 128、138

邮 箱：CSL56@vip.163.com

网 址：中国物流学会 (cs.l.chinawuliu.com.cn)

中国物流与采购网 (www.chinawuliu.com.cn)

前 言

在第十四次中国物流学术年会暨中国物流学会第六次会员代表大会在重庆召开之际,《中国物流学术前沿报告(2015—2016)》与各位代表见面了。这是本次年会的重要成果,也是学会第五届会员代表大会(即南京会议)以来的第五本《前沿报告》。

征集学会会员一年来的优秀论文,经评审后择优选录,结集成书,在年会召开前出版,是学会的一项重要工作。五年来,学会共收到参评论文4320篇,经评审1644篇获奖,其中166篇入选当年《前沿报告》,总字数超过3000万字约上万人次参与了此项工作。年会之后,我们将全部成果录入“中国物流学会”网页,为学会会员提供专享服务。中国物流学会通过论文征集、课题研究,推动产学研结合,其目的就是要办成培养人才的大学校、交流成果的大平台、国内物流界的“首选智库”。

当前,新一轮科技革命和产业变革正在全球范围内孕育兴起,世界各国纷纷抢占未来产业发展制高点。转变发展方式,建设物流强国,推动我国产业转型升级迫在眉睫。经济下行压力加大,结构调整任务艰巨,国内企业提升改造物流系统、优化供应链的需求更加迫切。随着电子商务、网上销售迅猛发展,碎片化、个性化的消费需求与日俱增,对物流服务提出了新的要求。去年秋天,国务院发布《物流业发展中长期规划(2014—2020年)》,把物流业定位于基础性、战略性产业。今年以来,国务院多次召开会议研究解决物流、快递领域存在的问题,在许多文件中都提出支持物流业发展的政策措施。各部门、各地方对物流业的重视程度空前提高,支持力度持续加大。在“大众创业、万众创新”政策引领下,物流业新观念、新模式、新业态不断涌现,以物流服务为核心的“产业生态圈”显露雏形。互联网、物联网特别是移动互联的快速普及,大数据、云计算等技术广泛运用,自动化、智能化、绿色化新装备进入物流运作及管理领域,我国物流业向现代化大踏步前行。与此同时,来自政府、社会、金融机构和境内外投资商纷纷看好我国物流市场,在提供发展动力的同时,也对传统运作模式带来严峻挑战。

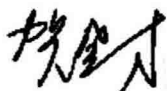
这是一个瞬息万变的时代,也是充满机遇的时代,物流实践的发展正在产生大量的研究课题。不仅需要对新技术、新管理的总结提炼和推广,也需要对物流法律法规和政策,政府治理能力、市场环境营造方面的分析与建议;不仅需要物流实践、实务的跟踪描述,也需要对物流基础理论及学科体系建设做出新的贡献;不仅需要研究队伍的不断壮大,研究成果规模持续扩大,更需要研究能力的有效提升,研究质量的切实提高和研究成果的转化运用。这就要求培养和造就宏大的物流理论研究队伍和实践操作人才,广泛地团结和组织有志于物流研究的政产学研各界人士,从实际出发,切实提升研究能力和水平。

今年论文征集工作开展以来,共收到参评论文673篇。经组织专家评审,评出获

奖论文 272 篇 (获奖率 40.4%)。其中:一等奖 8 篇 (获奖率 1.2%),二等奖 22 篇 (获奖率 3.3%),三等奖 116 篇 (获奖率 17.2%),优秀奖 126 篇 (获奖率 18.7%)。按照历年惯例,征得作者同意后,我们从获奖论文中遴选出 29 篇文章收录本书。全书分为物流技术与工程、物流管理、供应链管理、采购与供应管理、物流经济和大学生组六个篇章。在本书附录中,收录了本年度获奖论文名单。本书作为第十四次中国物流学术年会展示和交流的重要成果,意在给企业决策、行业发展和学术研究提供借鉴,也可作为物流类大专院校的教学参考用书。

今年也是《中国物流学术前沿报告》按年度连续出版的第十一个年头。值此学会换届之际,我们向所有提交参评论文的作者以及参与评审的专家表示深深的敬意,向广大学会会员、作者朋友、各位评委以及所有关心、支持和参与本书编辑出版的各方面人士表示衷心的感谢。

十多年来,中国物流学会的研究工作取得重大进展。但是,我们深知,学会的研究能力和水平与日新月异的行业需求变化仍有较大差距。就本书的选编工作来说,由于时间和篇幅所限,还有许多优秀成果未能入编,入选论文也有较大改进空间。对于本书的不足与缺憾,恳请读者朋友们多提宝贵意见,以便我们在今后工作中改进。



二〇一五年十月

目 录

物流技术与工程

基于非等覆盖半径的生鲜农产品配送中心选址模型研究

..... 肖建华 王 飞 白焕新 李永开 (1)

人工与自动化双分拣区系统品项分配优化 ... 李 明 吴耀华 吴颖颖 陈宁宁 (14)

大规模定制服务模式下的物流服务供应链能力合作决策研究

..... 王 倩 刘伟华 梁志成 (27)

基于自适应权和小生境遗传算法的 BP 神经网络优化预测法

——以湖北省城镇冷链食品系统需求规模预测为例 毕 娅 (50)

物流管理

新型城镇化背景下城乡物流一体化发展研究

——以安徽省为例 王晓艳 杨学春 (67)

供应链环境下的物流金融服务

——基于 3PL 的“Orchestrator”角色分析 刘晓红 周利国 (77)

基于电子商务的山区绿色低碳小城镇流通一体化构建

——旅游业与现代农业线上线下融合的视角 杨辉鹏 向 明 陈新武 (87)

物流业发展对制造业效率的影响：制度环境的调节作用 梁红艳 (98)

开放式污染路径问题优化建模与算法研究 葛显龙 苗国庆 谭柏川 (112)

基于时间序列的区域物流网络演化模型分析 陆 华 刘 凯 (125)

物流竞争力对区域经济发展影响机制研究

——基于京津冀、长三角、珠三角经济圈实证研究 张广胜 (136)

基于服务驱动假说的消费者自提包裹选择意愿研究

..... 徐俊杰 姜 凌 李亦亮 (144)

基于 RFID 军用物资多目标识别算法的优化

..... 陈清耀 陈靖怡 林敏敏 邱荣祖 (157)

拣选行走速比相当下的窄通道单件拣选系统拥堵率建模研究

..... 周 丽 郭 键 朱 杰 张 红 (163)

需求可拆分车辆路径问题的三阶段禁忌算法 熊 浩 鄢慧丽 (171)

供应链管理

基于补贴及碳税机制的再制造闭环供应链定价策略研究 王海燕 高举红 (180)

在线供应链金融中银行和 B2B 平台的激励契约研究

..... 史金召 郭菊娥 晏文隽 (192)

基于顾客选择行为的 O2O 实体渠道与网络渠道竞争

..... 刘畅 安实 谢秉磊 (213)

随机产出随机需求下基于回购契约的供应链协调研究 罗军 张文杰 (226)

天气影响产出下“公司+农户”模式的风险补偿协调契约 伏红勇 (236)

废旧电器电子产品回收管理的企业以旧换新机制研究

..... 刘慧慧 禹春霞 向宁 (247)

考虑产品可拆卸性的再制造决策研究契约的两级供应链协调策略

..... 刘晓瑜 王瑞 (258)

采购与供应管理

大规模突发事件应急血液采集动态模型 马祖军 周愉峰 (270)

软饮料供应链网络结构对企业策略的影响 姜彩良 李汉卿 (283)

物流经济

长江上游港口群货物吞吐量及货源结构分析 李平 (292)

南通市服务业发展状况调研

——基于时间序列及截面数据的分析 林小芳 夏慧玲 (302)

大学生组

碳限额与交易机制下基于成本共担契约的两级供应链协调策略 支帮东 (313)

基于系统动力学的农产品冷链物流发展趋势仿真研究 杨扬 韩天峰 (325)

考虑上游企业参与担保的存货融资模式探究 李俊荣 晏妮娜 (334)

附 录

第十四次中国物流学术年会获奖论文名单 (共 272 篇) (354)

物流技术与工程

基于非等覆盖半径的生鲜农产品 配送中心选址模型研究*

肖建华 王 飞 白焕新 李永开

摘 要: 研究非等覆盖半径思想下的生鲜农产品配送中心选址问题。结合生鲜农产品的时效性、响应性等特性, 提出了一个基于非等覆盖半径的生鲜农产品配送中心选址优化模型。该模型能定量确定候选配送中心的可建区域、选址位置及配送方案。针对该模型是 NP 难问题, 提出了一种基于自适应遗传算法的动态膜进化算法。最后, 通过算例验证了模型和算法的有效性。

关键词: 生鲜农产品 配送中心选址 动态膜进化算法 非等覆盖半径

一、引言

生鲜农产品是目前世界上增长最快的产业之一, 正逐步成为 21 世纪国际食品市场主角。生鲜农产品网络节点的设计是否科学、网络布局是否合理, 不仅直接关系到整个生鲜农产品供应链的物流成本, 也直接关系到生鲜农产品能否快速、安全地送到消费者手中。因此, 探讨和研究生鲜农产品配送中心的选址问题具有重要的理论意义及应用价值。

近年来, 国内外许多学者在选址问题上进行了深入探讨, 提出了各种选址模型及其求解算法。例如, 马云峰等人将时间满意度引入选址模型中, 建立了基于时间满意度的最大覆盖选址模型, 提出了基于拉格朗日松弛的启发式求解算法^[1]。Xu 等人考虑物流系统中的随机模糊因素, 构建了多目标随机选址规划模型, 并利用生成树遗传算法对其进行求解^[2]。蒋建林等人利用单亲遗传模拟退火算法求解顶点 p -中心选址问题^[3]。Drezner 等人构建了易腐产品的配送中心选址优化模型, 并利用大小三角全局优化技术和 Weiszfeld 算法进行求解^[4]。李彤等人利用斯坦纳最小树理论, 构建了大型城市地下物流系统网络优化布局模型, 并应用模拟植物生长算法求解模型^[5]。郑斌等人

* 基金项目: “十一五” 国家科技支撑计划 (2006BAD30B08), 国家自然科学基金 (61373066)、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目 (NKZXB1110)、天津市科技发展战略研究计划项目 (13ZLZLZF05900) 资助。

作者简介: 肖建华 (1979—), 男, 重庆人, 博士, 副教授, 研究方向: 物流系统优化与智能计算; 王飞 (1987—), 女, 山东滨州人, 博士研究生, 研究方向: 供应链与物流网络规划; 白焕新 (1976—), 女, 河北秦皇岛人, 硕士, 经济师, 研究方向: 市场营销与物流管理; 李永开 (1986—), 男, 山东滨州人, 硕士研究生, 研究方向: 物流系统优化。

针对震后初期应急物资配送的特征,构建了基于双层规划的选址—联运模型,并利用分阶段解码混合遗传算法进行求解^[6]。总的说来,目前选址模型的研究多集中在覆盖选址模型和规划选址模型两大类。其中,覆盖选址模型多从满足顾客需求的角度展开探讨,但存在覆盖半径大小确定的困难。同时,在传统的覆盖选址模型中,所有需求点的覆盖半径均相同,较少考虑需求量大小对覆盖半径的影响。而规划选址模型则多从成本最小化的角度展开探讨,但往往需要依赖专家经验提前确定候选配送中心的位置,定量分析不足。

目前,农产品的选址研究多仅考虑生鲜产品的时效性,而较少考虑服务的及时响应性等特征。例如,邱荣祖等人针对生鲜农产品保质期短的特点,构建了基于时间约束的多配送中心选址模型,并利用改进的蚁群算法求解模型^[7]。狄卫民等人考虑农产品的易腐特征,构建了有配送能力限制的易腐农产品配送中心规划选址模型,提出了混合遗传算法求解模型^[8]。杨华龙等人针对生鲜农产品的时间敏感特征,以物流成本最小为目标,构建了生鲜农产品物流网络布局非线性规划模型^[9]。基于此,本文引入非等覆盖半径的思想,结合生鲜农产品的响应性、时效性等特征,构建基于非等覆盖半径的生鲜农产品配送中心选址模型,提出了基于自适应遗传算法的动态膜算法求解模型,并通过算例验证模型及算法的有效性和可行性。

二、基于非等覆盖半径的配送中心选址——配送模型

该模型包括计算各需求点的最大配送选址半径、确定可建候选配送中心的区域和优化候选配送中心点三部分,可由以下四步完成。

(一) 根据顾客满意度计算各需求点最大配送选址半径

生鲜农产品具有保质期短、顾客需求弹性低等特征,其产品的时效性和配送服务的及时响应性直接影响生鲜农产品配送中心的顾客满意度。

1. 时效性满意度

与一般工业品相比,生鲜农产品具有保鲜期短、易腐等特征,对时间极其敏感,因而在其物流配送过程中有较强的时效性要求。考虑时效性直接与运输时间有关,时效性满意度可定义为^[10]:

$$\alpha_i = \left(\frac{t_{ia}}{T} \right)^r \quad (1)$$

其中, T 为农产品保质期; t_{ia} 为运输时间,且 $t_{ia} < T$; $r \in (0,1)$ 为时间敏感因子, r 值越小,表示农产品生鲜度对时间越敏感,反之则越不敏感。

2. 响应性满意度

响应性是指企业从顾客提出服务需求到满足需求的服务及时能力。一个顾客能否成为企业的目标顾客,关键在于企业所提供的产品或服务的顾客满意度。因此,响应性满意度是指需求点对配送中心服务响应时间的满意程度,可通过响应时间满意度函数来刻画,其形式为^[10]:

$$\beta_i = \left(\frac{T_{\max} - t_{ip}}{T_{\max} - T_{\min}} \right)^k \quad (2)$$

其中, $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$ 分别为需求点所能接受的最大和最小响应时间, t_{ij} 为响应时间, 且 $T_{\min} \leq t_{ij} \leq T_{\max}$, k 为时间敏感因子。

3. 需求点最大配送选址半径

在实际配送过程中, 需求点的最大配送选址半径与配送运输速度相关, 而配送运输速度又与路况系数有关。路况系数越好, 各需求点的配送选址半径越大, 反之则越小。其中, 路况系数跟交通基础设施、路网结构等多个因素有关, 可通过实际调查和专家打分法得到。同样, 需求点的需求量也影响配送服务半径, 需求量大的需求点对配送中心有较强的吸引作用, 希望配送中心离需求点更近。因此, 本文也将引入需求量影响因子。需求点最大配送选址半径可表示为

$$Ra_i = d_i(w_\alpha t_{i\alpha} + w_\beta t_{i\beta})r_i v_i \quad (3)$$

其中, r_i 表示路况系数, 取值在 $[0, 1]$, 路况越好, 运输服务半径越大; w_α 、 w_β 分别为取值在 $[0, 1]$ 的时效性满意度因子和响应性满意度因子, 且 $w_\alpha + w_\beta = 1$; v_i 为需求点 i 的平均运输速度, d_i 为需求量影响因子。在本文中, $w_\alpha = w_\beta = 0.5$ 。

(二) 利用非等覆盖模型求解可建候选配送中心的区域

利用步骤 1 求解出的最大配送服务半径和平面圆交集覆盖理论, 计算可建候选配送中心的区域。

1. 符号说明

Ra_i : 需求点 i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) 的最大配送选址半径;

C_i : 表示以需求点 i 为圆心, 以 Ra_i 为半径的圆;

(x_i, y_i) : 需求点 i 的直角坐标位置;

d_{ij} : 需求点 i 到需求点 j 的距离。

2. 问题分析

为满足每个需求点的配送服务, 每个需求点所对应服务的配送中心须位于各需求点的最大配送服务半径以内, 才能满足需求点的需求。对于两个需求点, 基于非等覆盖半径思想的可建候选配送中心的区域可分为三种情况: (a) 包含情况: 当 $d_{ij} + R_{ai} \leq R_{aj}$, 且 $R_{ai} < R_{aj}$ 时, 即在区域 C_i 内建立配送中心即可同时满足需求点 i 和需求点 j 的需求; (b) 无交集情况: 当 $d_{ij} + R_{ai} \geq R_{aj}$ 时, 需在区域 C_i 和区域 C_j 分别建立各自的配送中心来满足需求点 i 和需求点 j 的需求; (c) 相交情况: 当 $d_{ij} + R_{ai} \leq R_{aj}$ 时, 只需在区域 C_i 和区域 C_j 的交集区域建立共用配送中心, 即可满足需求点 i 和需求点 j 的需求。因此, 对于多需求点, 最佳的可建候选配送中心区域应位于各需求点最大服务半径覆盖交集区域里面, 以便能同时满足多个需求点的需求。

3. 多需求点配送中心候选区域交集判断

假设已知有 n 个需求点, 每个需求点的最大配送选址半径和位置坐标已知, 则多需求点的配送中心候选区域交集判断问题可以转化为求解多项不等式组是否有解, 其表达式为

$$C_1: (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \leq R_{a1}^2$$

$$C_2: (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \leq R_{a2}^2$$

⋮

$$C_n: (x - x_n)^2 + (y - y_n)^2 \leq R^2 a_n$$

其中, (x, y) 为拟建候选配送中心的位置坐标。若不等式组联立有解, 则可在交集区域建立一个配送中心来满足多个需求点的需求, 如图 1 所示。反之, 则需建立多个配送中心以满足各需求点的需求。

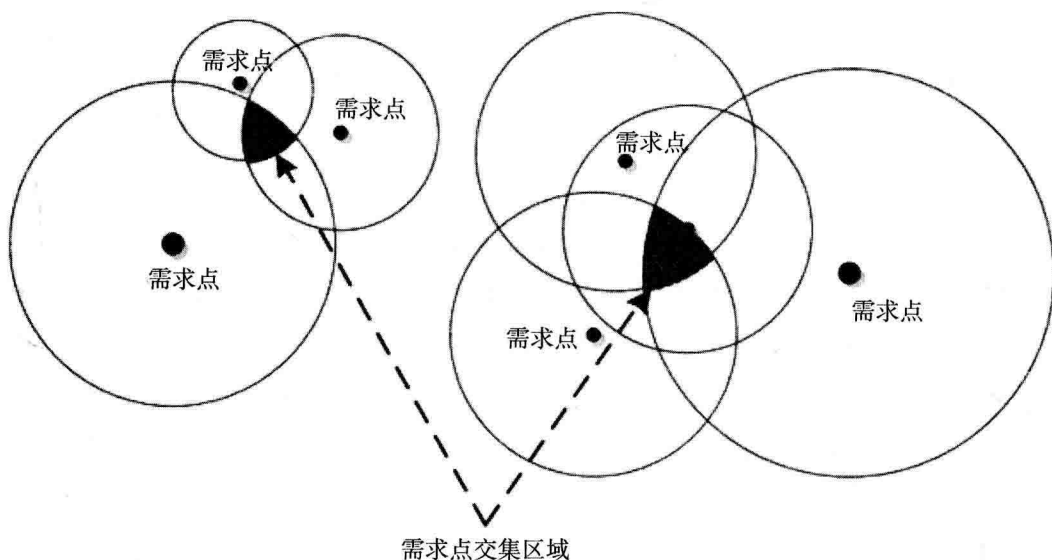


图 1 配送中心候选区域

(三) 确定各可建配送中心区域中的候选配送中心数量

在确定出的可建候选配送中心区域上, 首先利用专家的经验知识对各区域中的候选配送中心位置进行粗选, 然后再利用数据包络分析 (DEA)、层次分析法 (AHP) 等定量方法进行细选, 以降低模型规模及求解难度。在实际应用中, 每个可建候选配送中心区域通常选取 1~2 个即可。

(四) 构建基于非等覆盖半径的生鲜农产品配送中心选址优化模型, 确定配送中心选址具体位置及配送方案

1. 模型假设

- (1) 仅在可建候选配送中心区域内进行选址;
- (2) 每个需求点的需求量已知, 且只由一个候选配送中心为其提供配送服务;
- (3) 配送单位运费已知, 且在一定范围内不变;
- (4) 各候选配送中心的建设费用及运营管理费用已知。

2. 符号说明

I : 生鲜农产品需求点集合。

J : 候选配送中心集合。

K : 生鲜农产品生产基地集合。

I_j : 候选配送中心 j 所能覆盖的需求点集合。

I_j^- : 候选配送中心 j 不能覆盖的需求点集合。

X_{2ji} : 0, 1 变量。 $X_{2ji}=1$ 时, 表示候选配送中心 j 为需求点 i 配送; 反之, 则表示候选配送中心 j 不为需求点 i 提供配送服务。

Y_j : 0, 1 变量。当 $Y_j=1$ 时, 表示候选配送中心 j 被选中建立; 反之, 则表示候选配送中心 j 未被选中建立。

q_i : 需求点 i 的年需求量。

A_j : 候选生鲜农产品配送中心 j 的固定费用, 可包括基础设施建设、物流设备购置等费用。

B_j : 候选生鲜农产品配送中心 j 的单位运营管理费用, 可包括员工薪资、能耗等费用。

λ_{1kj} : 从生产基地 k 到候选配送中心 j 的单位运费。

λ_{2ji} : 从候选配送中心 j 到需求点 i 的单位运费。

l_{1kj} : 候选生鲜农产品配送中心 j 与生产基地 k 的运输距离。

l_{2ji} : 需求点 i 与候选生鲜农产品配送中心 j 的运输距离。

w_{1kj} : 生产基地 k 与候选配送中心 j 之间的配送量。

w_{2ji} : 候选配送中心 j 与需求点 i 之间的配送量。

p : 生鲜农产品的市场价格。

α_{1kj} : 生产基地 k 到候选配送中心 j 的生鲜度损耗系数, 且 $\alpha_{1kj} \in [0, 1]$ 。

α_{2ji} : 候选配送中心 j 到需求点 i 的生鲜度损耗系数, 且 $\alpha_{2ji} \in [0, 1]$ 。

M : 充分大正常数。

3. 模型建立

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \lambda_{2ji} w_{2ji} l_{2ji} + \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \lambda_{1kj} w_{1kj} l_{1kj} + \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} B_j w_{1kj} + \sum_{j \in J} A_j Y_j + \\ & \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} p w_{1kj} \alpha_{1kj} + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p w_{2ji} \alpha_{2ji}. \end{aligned} \quad (4)$$

s. t.

$$\sum_{j \in J} X_{2ji} = 1, \forall i \in I \quad (5)$$

$$x_{2ji} \leq Y_j, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (6)$$

$$MX_{2ji} < Y_j, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (7)$$

$$\sum_{i \in I} w_{2ji} \leq MY_j, \forall j \in J \quad (8)$$

$$\sum_{k \in K} w_{1kj} \leq MY_j, \forall j \in J \quad (9)$$

$$w_{2ji} \leq MX_{2ji} \quad \forall j \in J, \forall i \in I \quad (10)$$

$$\sum_{k \in K} w_{1kj} = \sum_{i=1}^I w_{2ji}, \forall j \in J \quad (11)$$

$$\sum_{j \in J} w_{2ji} = q_i, \forall i \in I \quad (12)$$

$$X_{2ji}, Y_j \in \{0, 1\}, \forall j \in J, \forall i \in I \quad (13)$$

$$w_{1kj}, w_{2ji} \geq 0, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (14)$$

其中, 式 (4) 表示模型的成本目标函数, 由固定建设成本、运营管理成本、生鲜损耗成本和运输成本组成; 式 (5) 保证各需求点只能由一个候选配送中心配送; 式 (6) 表示只有当候选配送中心被选中才能为需求点提供配送服务; 式 (7) ~ 式 (10) 表示如果候选配送中心未被选中, 则不能为任何需求点提供配送服务, 且生产基地也不能向该配送中心供货; 式 (11) ~ 式 (12) 表示供求约束; 式 (13) ~ 式 (14) 表示决策变量约束。

三、模型求解算法

在上述模型中, 确定可建候选配送中心的区域是一个 NP 难问题, 当需求点数量较多时, 传统的优化方法难以对其快速求解, 多应用启发式算法对其进行求解。近年来, 生物计算中的膜计算快速发展, 已逐渐成为非传统计算中的研究热点和前沿。膜计算是 Paun 从生物活细胞或器官的结构、功能抽象出来的一种分布式、并行性计算模型^[11]。由于具有在多项式时间内生成指数计算空间及信息处理的极大并行性等特性, 膜计算在计算速度方面往往表现出比经典计算更大的优势, 已被证明具有与图灵机同等的计算能力, 在解决计算困难问题方面也显示出很强的潜力。

受膜计算启发, Nishida 将膜系统框架与优化算法结合, 首次提出了膜优化算法^[12], 并成功应用于求解 TSP 问题^[13]。Leporati 等提出了求解最小存储问题的多项式时间膜进化算法^[14]。Huang 等人借鉴生物膜的嵌套结构, 提出了基于遗传算法的多目标膜进化算法^[15], 并将其应用于求解控制器设计等优化问题^[16]。Zhang 等人提出了求解背包问题的膜进化算法^[17]。该算法采用单层膜结构, 与传统的嵌套结构膜算法相比, 其计算结果更好。随后, Zhang 等人又提出了各种改进的膜进化算法, 并成功应用于求解雷达辐射源信号处理^[18]、旅行商优化^[19]、图像处理^[20]、制造参数优化^[21]等问题, 取得很好的效果。Zhao 等人针对单目标无约束和有约束优化问题, 提出了一种可用于处理约束问题的仿生膜优化算法, 并将其应用于求解汽油调合短期调度工程应用问题^[22]。Yang 等人提出了基于自适应变异规则和量子进化规则的膜进化算法, 并应用于催化裂化装置反应—发生模型的参数估计^[23]。Zhang 等人对量子进化膜算法的动态行为进行了实验分析, 结果表明其在算法的探测性和搜索性上具有良好的平衡能力, 并以背包问题进行了例证^[24]。此外, 膜进化算法在 DNA 序列编码^[25,26]、函数优化^[27,28]、背包问题^[29,30]等其他领域也得到了广泛应用。本文提出了基于自适应遗传算法的动态膜算法, 以应用于求解非等覆盖半径生鲜农产品选址模型。

(一) 膜计算

膜计算又称 P 系统, 主要由膜结构、对象多重集和进化规则三部分组成。通常, 一个 P 系统能被定义为:

$$\Pi = (O, H, u, w_1, \dots, w_m, R_i) \quad (15)$$

其中 O 为对象字母表, 其元素被称为字符对象; H 为膜标号的有限集合; u 表示膜系统的结构, 由 m 个膜组成, 分别用 $1, 2, \dots, m$ 来标记; m 称为系统 Π 的度; w_i ($1 \leq i \leq m$) 表示膜结构 u 中第 i 个区域中包含的对象多重集; R_i 表示膜 i 拥有的有限规则集, 包括结构进化规则和多重对象集规则。

膜结构是由一个表层膜和一系列按层次排列的膜组成。其中, 外层膜是膜结构最外层的膜, 它将环境与膜内部分开; 膜内部则包括非基本膜和基本膜, 非基本膜可以嵌套其他非基本膜或基本膜, 而基本膜内则不再包含任何膜, 如图 2 所示^[11]。

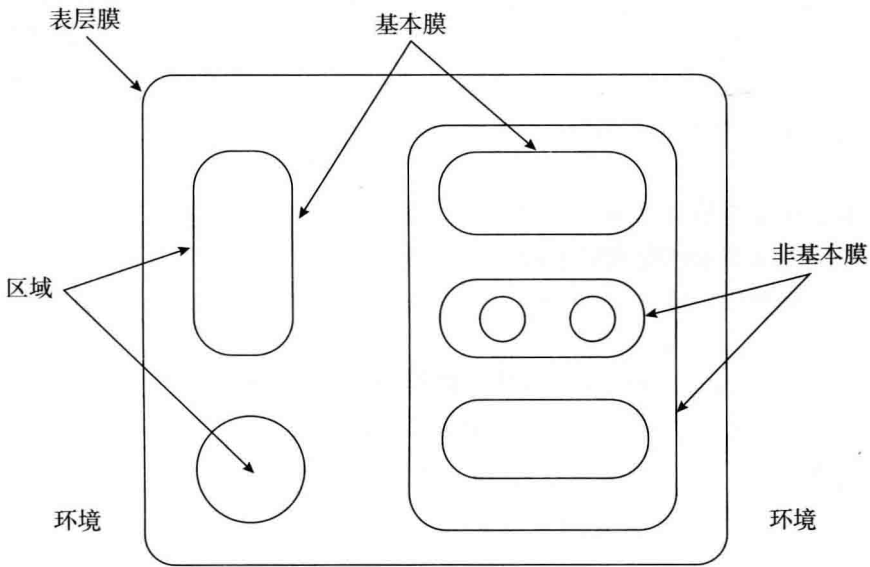


图 2 膜计算结构

每一个膜都有其自身的规则, 能影响膜中的对象和改变膜结构。本文采用了演化规则、入通信规则、出通信规则、溶解规则和分裂规则。其中:

$$1. [{}_i w_1 \rightarrow w_2]_i, i \in H, w_1 \in O, w_2 \in O^*$$

演化规则: 即表示膜 i 中的对象 w_1 进化为对象 w_2 。

$$2. w_1 [{}_i]_i \rightarrow [{}_i w_2]_i, i \in H, w_1, w_2 \in O$$

入通信规则: 表示膜 i 外的对象 w_1 进入膜 i 中, 对象 w_1 变成对象 w_2 。

$$3. [{}_i w_1]_i \rightarrow [{}_i]_i w_2, i \in H, w_1, w_2 \in O$$

出通信规则: 表示膜 i 中的对象 w_1 输送到其外层区域中, 其对象 w_1 变成对象 w_2 。

$$4. [{}_i w_1]_i [{}_j w_2]_j \rightarrow [{}_1 w_1 w_2]_1, i, j \in H, w_1, w_2 \in O$$

溶解规则: 表示膜 i 和膜 j 被溶解成一个膜。

$$5. [{}_1 w_1 w_2]_1 \rightarrow [{}_i w_1]_i [{}_j w_2]_j, i, j \in H, w_1, w_2 \in O$$

分裂规则: 表示膜被分裂成膜 i 和膜 j , 其原来膜中的对象分别相应送入各分裂生成的新膜中。

(二) 自适应遗传算法

遗传算法由 Holland 于 1975 年首次提出, 它是模拟达尔文生物进化论的自然选择

和遗传学机理的生物进化过程而发展起来的一种优化方法。遗传算法本质是一种高效、并行、全局搜索的方法,已被广泛应用于求解非线性、多目标和多参数等复杂系统的全局优化。但在传统的遗传算法中,其控制参数多为常数,在求解复杂优化问题中存在早熟现象和收敛速度慢等不足,本文将引入自适应遗传算法到动态膜进化算法中,以提高求解效率。

1. 遗传基因编码

二进制编码是遗传算法中最主要的编码方法,具有编解码简单、算子操作便于实现等优点。本文将使用固定长度的二进制编码方法,对于有 n 个需求点的非等覆盖半径问题,染色体可分为 n 段,其中每一段为对应需求点的 0 或 1 编码。例如有 10 个需求点的非等覆盖问题,若可行解的染色体编码为 $\{1001101010\}$,则表示第 1、4、5、7、9 需求点的最大配送选址有公共候选区域。

2. 选择算子

遗传算法模拟生物进化中的优胜劣汰自然规律,利用选择算子来提高计算效率及全局收敛性。本文将采用随机竞争选择,即利用轮盘赌方法选取一对个体,然后通过竞争选其适应度好的个体。

3. 交叉算子

交叉算子是产生新个体的主要方法,以提高算法全局搜索能力。本文将采用单点交叉,即在个体染色体中随机产生一个交叉点后,在交叉点处相互交换一对染色体的后半段染色体。其中,自适应交叉概率为^[31]:

$$p_c = p_c^0 \left[1 + \alpha \frac{(f_{\text{avg}})^{n_c}}{(f_{\text{max}} - f_{\text{min}})^{n_c} + (f_{\text{avg}})^{n_c}} \right] \quad (16)$$

其中, p_c^0 和 p_c 分别为初始交叉概率和自适应交叉概率。 f_{min} 、 f_{avg} 、 f_{max} 分别为每次迭代过程中的最小、平均及最大适应度值。 α 和 n_c 是变异系数。本文中, $\alpha = 0.3$, $n_c = 2$ 。

4. 变异算子

变异操作改善遗传算法的局部搜索能力,维持种群的多样性。变异算子包括非均匀变异、均匀变异、基本位变异等。本文将采用均匀变异算子,其自适应变异概率为^[31]:

$$p_m = p_m^0 \left[1 + \beta \frac{(f_{\text{avg}})^{n_m}}{(f_{\text{max}} - f_{\text{min}})^{n_m} + (f_{\text{avg}})^{n_m}} \right] \quad (17)$$

其中, p_m^0 和 p_m 分别为初始变异概率和自适应变异概率。 β 和 n_m 是变异系数。本文中, $\beta = 0.2$, $n_m = 2$ 。

(三) 基于自适应遗传算法的动态膜进化算法

基于自适应遗传算法的动态膜进化算法 (DMEA-AGA) 的基本思想是:首先,在各基本膜内同时利用自适应遗传算法进行局部寻优;然后,利用膜计算的溶解规则,将其各基本膜合并成一个膜,并利用膜计算的通信规则,将其最优解送至表层膜中,随后再应用膜计算的分裂规则将其分裂成多个基本膜,最后进行下一轮迭代进化,直至算法结束。DMEA-AGA 算法流程如下: