



**OPTIMIZATION OF COLD CHAIN LOGISTICS DISTRIBUTION
PATH BASED ON IMPROVED GENETIC ALGORITHM**

BY

LINJUAN ZHANG



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF BUSINESS ADMINISTRATION
INTERNATIONAL CHINESE COLLEGE**

**GRADUATE SCHOOL, RANGSIT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2023**



基于改进遗传算法的冷链物流配送路径优化

张琳涓

撰



此论文为申请中国国际学院

工商管理专业研究生学历

之学术毕业论文

兰实大学研究生院

公历 2023 学年

Thesis entitled

**OPTIMIZATION OF COLD CHAIN LOGISTICS DISTRIBUTION PATH
BASED ON IMPROVED GENETIC ALGORITHM**

by

LINJUAN ZHANG

was submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Business Administration

Rangsit University
Academic Year 2023

Asst. Prof. Chen Ao, Ph.D.
Examination Committee Chairperson

Prof. Gu Fan, Ph.D.
Member

Prof. Jin Maozhu, Ph.D.
Member and Advisor

Approved by Graduate School

(Asst. Prof. Plt. Off. Vanee Sooksatra, D.Eng.)
Dean of Graduate School
July 20, 2023

致谢

当初怀揣着提升自我的理论水平和修养，规整和制定更高的目标和要求到这里求学，内心无比激动。而现在毕业论文即将要结束，我不得不又要面对人生中的一个离别，这既带有骄傲的成分，因为有导师的谆谆教诲，收获了很多很多，有伤感更有离别，但还是非常感谢你们的关心与帮助，一切都是那么的让我留恋与不舍。

感谢在我学习生涯中促进我成长的老师们，你们用形象、直观图片和视频教我们读懂学习中的点滴；你们让我们埋头书堆，认真钻研和分析课程设置的合理性；你们带我们认识了所学专业社会生活中的重要作用。

最后我要谢谢一直以来在我论文工作时默默地陪伴我的父母,因为他们的温暖和帮助是我的生活中最坚强的后盾，感谢一路有你们！



张琳涓
研究生

6406906 : Linjuan Zhang
 Thesis Title : Optimization of Cold Chain Logistics Distribution Path Based
 on Improved Genetic Algorithm
 Program : Master of Business Administration
 Thesis Advisor : Prof. Jin Maozhu, Ph.D.

Abstract

As people's requirements for online fresh products continue to increase, the logistics operation of fresh products is faced with the problems of large consumption, low cold chain circulation, low freshness preservation rate, and high distribution costs. Logistics operations are more complex and changeable. Therefore, the article focuses on discussing how to meet the timeliness and freshness of the fresh food cold chain logistics distribution system and minimize the logistics distribution volume of the fresh food mall under the condition that the complexity of the city makes the operation speed of its logistics distribution network change at any time. The research include:

1) Based on the analysis of the characteristics of fresh commodities, the problems of high loss rate of fresh commodities, low distribution rate of frozen logistics, low freshness rate, and high distribution cost are raised. Time changes produce different phenomena.

2) Based on the complexity of urban roads and the characteristics of fresh products, six penalties for vehicle driving, transportation fuel consumption, refrigeration during handling and loading, carbon dioxide emissions, consumer evaluation of novelty, and fuzzy time window satisfaction were established. The sum of the total costs of the two modes is the smallest fresh cold chain transportation path optimization mode.

(Total 83 pages)

Keywords: Fresh cold chain logistics, Fresh food service, Time variant distribution,
 Path optimization

Student's Signature.....Thesis Advisor's Signature.....

6406906 : 张琳涓
论文题目 : 基于改进遗传算法的冷链物流配送路径优化
专业 : 工商管理硕士
论文导师 : 金茂竹教授

摘要

随着人们对线上生鲜商品的要求不断提高,生鲜商品的物流运作中面临着"消耗大、冷链流通低、保鲜率低、配送成本高"的难题,另外由于交通运输路网环境更加复杂多变。因此文章重点探讨了城市复杂化使得其物流配送网络运转速度随时处于变动的情况下,满足生鲜冷链物流配送系统的时效性和鲜活性,并使生鲜商城的物流配送量最小化,研究内容包括:

1)在对生鲜商品特征分析的基础上,提出生鲜商品损耗率大、冷冻物流配送率低、保鲜率低、配送成本费用过高的问题,汽车行驶速率变化会因为汽车行驶速率时刻变化产生不同的现象。

2)基于城市道路的复杂性以及生鲜产品的特点,建立了车辆行驶、运输油耗、搬运与装卸时的制冷、二氧化碳排放量、消费者对新奇度的评估以及模糊时间窗口满意度惩罚六种模式的总费用之和为最小的生鲜冷链运输路径优化模式。

(共 83 页)

关键字:生鲜冷链物流、生鲜服务、时变配送、路径优化

学生签字.....指导老师签字.....

目录

		页
致谢		i
英文摘要		ii
中文摘要		iii
目录		iv
表目录		vi
图目录		viii
第 1 章	绪论	1
	1.1 研究背景	1
	1.2 研究意义	3
	1.3 研究现状	4
	1.4 研究内容和研究方法及技术路线图	14
第 2 章	相关理论基础	18
	2.1 冷链物流相关理论	18
	2.2 生鲜产品新鲜度相关理论	21
	2.3 时变交通下车辆行驶时间变化相关理论	24
	2.4 车辆配送问题求解相关理论	28
	2.5 本章小结	31
第 3 章	HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化模型构建	33
	3.1 HM 生鲜商城简介	33
	3.2 模型假设及相关参数表示	37
	3.3 问题建模	41

目录(续)

	页	
3.4 本章小结	47	
第 4 章	HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化算法设计	49
4.1 算法选择分析	49	
4.2 遗传算法介绍	50	
4.3 变邻域搜索改进遗传算法	56	
4.4 本章小结	59	
第 5 章	HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化案例结果分析	60
5.1 案例理论论述	60	
5.2 案例调研数据	61	
5.3 相关参数设置	64	
5.4 算法求解结果对比分析	65	
5.5 本章小结	70	
第 6 章	结论与不足之处	71
6.1 研究结论	71	
6.2 不足之处	72	
参考文献	73	
个人简历	83	

表目录

	页
表	
表 2.1 生鲜产品存储流通温度带	18
表 3.1 道路交通指数分布区间	39
表 4.1 车路径问题求解算法对比	49
表 5.1 20 个顾客需求信息表	62
表 5.2 40 个顾客需求信息表	62
表 5.3 模型相关参数表	64
表 5.4 算法相关参数表	64
表 5.5 算法结果对比表	65
表 5.6 车辆配送最优路线表	67
表 5.7 配送路径各项成本数值表	69



图目录

图	页
图 1.1 研究技术路线图	17
图 2.1 新鲜度随时间变化曲线	24
图 2.2 第一种时变模型	25
图 2.3 第二种时变模型	26
图 2.4 第三种时变模型—行驶速度	27
图 2.5 第三种时变模型—行驶时间	28
图 3.1 HM 生鲜商城日常运营模式	34
图 3.2 车辆行驶速度随时间段变化	40
图 3.3 生鲜新鲜度随时间变化图	43
图 3.4 顾客对生鲜产品新鲜程度的满意度随时间变化图	43
图 3.5 生鲜新鲜度惩罚成本	44
图 3.6 时间满意度函数和配送时间函数图	45
图 4.1 编码方式转化图	52
图 4.2 初始种群生成图	53
图 4.3 交叉算子过程示意图	54
图 4.4 变异操作过程示意图	55
图 4.5 领域结构示意图	57
图 5.1 生鲜配送中心和 20 个周边顾客需求点坐标位置	61
图 5.2 生鲜配送中心和 40 个周边顾客需求点坐标位置	62
图 5.3 (a) : 遗传算法, (b) : 变邻域遗传算法的最优路径图——20 个需求点	66
图 5.4 (c) : 遗传算法, (d) : 变邻域遗传算法的最优路径图——40 个需求点	67

第 1 章

绪论

1.1 研究背景

随着中国互联网经济的高速发展,推动了我们日常工作日常生活的步伐迅速增加,并且由于社会市场经济的迅速发达和日常生活物质的极大丰富,进一步改善了我们的生活饮食和消费习惯,人民群众对速食产品、生鲜果品和蔬菜、生鲜水产品等生鲜商品的需求量迅速增长,上述原因极大促进了生鲜电子商务企业的成长。随着食物丰富,当代民众对品质需求的日益提高,尤其是对生伴随着时代的发展,人类对食品的需求量也在提高。尤其是对鲜嫩度和质量的需要愈来愈高。2005年至2012年,一些企业如易果网发现了生鲜商城的潜力,并开始进入这一领域。然而,由于当时食品安全问题频发,以及生鲜商城运营方式不够成熟,许多企业都已经关闭。由于2013年移动终端的发展,人类的消费也发生了巨大变化,许多大型企业,如沱沱公社和菜管家,都发现了线上生鲜商城行业的巨大潜力,并纷纷投入资源,以各种优势进军这一领域,实现了业务的细分。2014年初,淘宝天猫和京东这二个网络巨头电子商务企业都把生鲜业务列为自己的主营业务范围,形成了生鲜电子商务市场百花齐放的新时代。

但是,怎样在诸多的生鲜企业中生存形成一定市场规模并在最后实现盈利,是目前生鲜企业所必须思考的问题。根据统计,我国目前对生鲜企业利润的贡献率仅为1%,这表明,在当今快速发展的生鲜行业,解决利润问题已经成为当务之急。生鲜食品本身具有强烈的易腐败性质,而且受到地区和时节的制约,很难长久保鲜。根据统计数据,我们可以发现,中国与发达国家在生鲜商品方面存在许多差异。例如,中国的传统生鲜商品流通模式中存在许多繁琐的流通环节和物流时间,导致效率低下和品质损失较大。这些因素都会影响到中国生鲜商品的加工效率。因此,我们需要采取措施来提高生鲜商品的加工效率,以便更好地满足消费者的需求。在中国,冷链运输的开始时间比发达国家晚,这是由于中国的生鲜

商品损耗量大,冷冻流通效率相对较低。尽管在发达国家和地方,冷链状态已经广泛应用于采集、运输、储藏和出售等环节,但在中国,大多数生鲜商品仍然采用常温链运输方式。研究发现,中国的生鲜果品蔬菜类、肉禽类、海鲜水产品类的冷冻率分别只有15%、30%和40%,远低于发达国家的1/3。由于生鲜商品保鲜水平远低于发达国家,我国果蔬菜类、肉禽类、海鲜水产品类的生鲜效率仅为35%、57%、69%,而且近一半的生鲜商品在流通过程中已经出现了腐败,这使得中国超过2亿人的基本生活需求受到了严重的影响。所以,在生鲜流通中降低生鲜商品破损程度和保持新鲜度是至关重要的。

由于城市交通机动车总量的日益扩大,城市间道路交通情况拥堵度的日益提高,增加了生鲜电子商务企业汽车物流路线设计问题解决的困难。随着城市间交通的机动车行驶总量愈来愈大,但是在传统汽车路线设计理论的探讨过程中,并不能充分考虑现实中城市道路的不稳定和复杂的情况,把机动车行驶速度设定为常数进行汽车路线计算,这样求解的结论通常与现实可能存在不一样的偏差。如果在生鲜冰冻食品物流配送流程中不能充分考虑车辆的不同时期、不同运输线路会发生不同层次上的交通拥堵现象,设计出的物流配送路径不但会导致物流订单无法按时的到达消费者手上,而且会影响物流配送的总费用以导致生鲜新鲜度下降,进而降低消费者对企业的信心。所以在生鲜冻产品的物流配送技术研发流程中,必须要充分考虑时变堵车现象,能够有效的在消费者规定的服务期限窗内完成最新鲜度的商品配送。

综上所述,目前生鲜企业的实践运作所面临的挑战与困难,具体表现在以下几点:

- 1) 由于生鲜食品存在着时令性,易腐蚀性等特点,且不易保鲜,如何调整车辆路径以使生鲜食品送达消费者手中符合消费者对生鲜新鲜度的需求。

- 2) 随着中国人民生活水平的日益改善,对生鲜新鲜率和质量需求以及服务时间的准时率也将相应增加。怎样合理地确保在复杂的城市道路使得行车车速呈现动态变化的情形下使得生鲜商品新鲜度与物流时窗都符合消费者的需要成为生

鲜电子商务汽车物流业务的重要考量因素问题。

3) 由于目前我国生鲜商品在由产品到用户手里的物流环节中,面临"损耗高、冷链流通低、保鲜低、配送成本高"的情况,所以解决当前冷链物流配送渠道建设问题对成为进一步减少物流配送投入和增加消费者信心,具有重大价值。

论文中选择了从HM生鲜商城考虑在A市区内时变交通下的汽车物流路线优化,依据HM生鲜商城物流中存在的问题,以建立模式上更加合理的方式减少了生鲜企业在城市内冷链运输物流配送的总成本,同时使研究更为富有意义。

1.2 研究意义

1) 基于道路的重要性,本文通过分析汽车在物流配送流程中不同阶段的行进速率,会因为路面车辆通行数量的多少以及道路交通拥堵状况等而实时变化,从而更好地对生鲜食品冷链的物流配送过程中生鲜食品新鲜度会因为时间推移而产生质变的现象提出决策依据,从而丰富了对生鲜冷链车辆路线设计的相关研究。

2) 本文根据HM生鲜商城在A市区内物流配送的现实背景,综述分析了HM生鲜商城目前的运营状况以及面临的问题,通过构建含油耗运输成本、冷藏成本费用、碳排放成本费用以及不符合消费者预期鲜嫩度,以及特定时窗的惩罚成本费用等多成本的综合成本函数,以综合物流成本最小的目标函数来实现模型优化,可以更好协助生鲜电子商务企业在减少物流配送成本费用的同时更大程度上提高消费者满意度,为缓解生鲜电子商务企业在冷链物流配送过程中的鲜嫩度低,物流配送速度不准时,物流配送成本高问题提供了现实意义。

3) 本文提出了一种新的方法来解决城市间时变运输的问题,即在生鲜商品新鲜度和顾客预定时窗之间建立一个最小化总物流时间的模型。为了更好地解决实际问题,我们提出了一种更灵活的遗传算法。然而,由于传统遗传算法容易出现早熟的问题,我们还提出了一种新的变邻域搜索算法,以提高算法的精确性和效率。研究基础的不断丰富,为解决生鲜冷链物流配送路径上的问题提供了有力的支持。

4) 解决企业需求的现实意义。通过采用改良后的遗传算法, HM 生鲜商城冷链物流路径优化模型得到了有效的验证, 从而为其他同类公司提供了参考价值。研究表明, 该方法在实际车辆路径优化中具有良好的效果。通过降低物流配送成本, 不仅还能有效降低冷链易腐商品在运输中的货损率, 使企业利润最大化, 而且还有助于更好地适应客户的需求, 从而获得消费者的认同和满意度, 使我们在物流行业国际竞争中占有优势, 有效地解决了中小企业对配送服务的实际需要。

1.3 研究现状

本文研究方向主要是考虑都市时变交通运输下的生鲜商品汽车物流与配送路线改善课题, 把大中城市之间错综复杂的时变的交通状况和生鲜汽车物流配送问题结合, 并比较大中城市生理特征与心理特点的现实情况。所以本文探究的课题重点就是从生鲜商品容易腐败, 不易储藏的特点入手, 并且还必须兼顾城市交通等复杂性状况, 以实现生鲜物流配送过程中的各个消费者在特定时窗提问和对生鲜商品新鲜度的要求, 使消费者不满意时成本最小化。所以文章还将针对生鲜商品冷链物流与分配研究现状, 以及特定时窗提问研究现状、特殊时变与交通问题研究状况, 这三方面展开了国内外论文介绍。

1.3.1 生鲜产品冷链物流研究现状

1) 生鲜产品新鲜度研究现状

Osvald dan Stirn (2008) 将生鲜商品的易腐性因素作为总分销成本的重要组成部分, 并采用禁忌搜索算法来解决这一问题。经过改进的 Solomon 问题, 他们证明了算法的合理性, 最终使得生鲜损失降低了高达 47%。为了确保供应商收入最大化分别考虑了不同易腐产品保质期的情况, 以及根据生鲜产品到达零售商时的质量和价值来决定供应商收入的车辆路径规划问题以 Chen, Hsueh, & Chang (2009); Amorim, Gunther, & Almada-Lobo (2012) 的研究得出。又以 Amorim and Almada-Lobo (2014) 提出了一种最优化的物流配送模式, 以最小化成本并保证生鲜的新鲜度。他们进一步探究了不同类型的物流配送环境对效率和持续鲜活度的影响, 并将其与中的研究结果相关联。Keizer, Akkerman, Grunow, and

Bloemhof-Ruwaard (2017) 根据各种生鲜产品对环境温度和物流运作周期的敏感性差异而具有差异的变质速率,建立以生鲜产品质量为约束条件,经济效益为主要的库存渠道联动的优化模型。Ghezavati, Hooshyar, and Tavakkoli-Moghaddam (2017) 考察零售商利益最优化下构建生鲜食品更新度和完善度为条件的物流配送最佳优化模式,并以番茄的物流配送成为例子验证了模式的有效性。

刘婵媛 (2006) 主要分析生鲜产品销售损失数量与周期之间的联系,建立生鲜产品销售呈指数型损坏率的模式,建议采用一个最小蚂蚁算法解决总物流效率最小化的难题。屠丹,周建频和初良勇 (2014) 将生鲜价格与消耗效率结合,建立追求不明确情形下的生鲜产品销售供应链成本最小化的模式。冯荣新 (2017) 探讨消费者对生鲜产品销售的需要量会伴随生鲜产品销售新奇度发生变化而提高或是降低,建立生鲜产品销售新奇度为条件的存货渠道设计费用最小化的难题。王萌 (2018) 考察生鲜企业腐烂率对生鲜企业物流配送的一面影响,考察生鲜企业更新度和物流配送成本费用相互之间的联系,以其双方成本费用最小化为主要方向,并在求解过程中对比考察更新度和不考察更新度的车辆配送效率差异。刘炎宝,王珂,杨智勇和王思静(2019) 等考察维持生鲜企业更新度与碳排放成本费用之间具有效益背反原则。并将其加入物流配送成本费用的目标函数中,以建立以总物流成本最小化为主要目标的模式。

2) 生鲜产品车辆路径优化问题研究现状

Bortolini, Faccio, Ferrari, Gamberi, and Pilati (2016) 解析生鲜商品与客户交付日期、顾客需求点定位及其上有企业生产期间的联系。构造运行效率、碳排放、交付时限三目标的易腐商品多式联合的最佳优化模式,利用最佳优化方式的降低及减小 CO2 排放量。NakanDala, Hua, and Zhang(2016) 考察生鲜食物的服务质量和鲜活度达到客户可接受水平的前提下构成物流总成本最小的模式,采用遗传算法、模糊遗传算法或者改进模拟退火算法来实现计算并比较数据。Accorsi, Gallo, and Manzini(2017) 创建了充分考虑气候条件影响的易腐产品生产、仓储和物流方案的混合整数线性规划模型。对樱桃的个案数据分析,说明了气候对商品在物流程中的汽车冷藏和在仓储冷藏流程中的能耗效率的作用。Damrongpol, Gilles, Aicha,

Niramitranon, and Jittawiriyankoon (2017) 给出了生鲜水果输出的鲜活度风险和改善方式的定量研究结果,为生鲜商品的物流车辆路径优化(VRP) 给出了参考。

钟晓燕, 钟聪儿, 林雄, 李卫宁和李增益 (2009) 根据生鲜商品储存时期短, 易腐烂导致生产成本损失的情形,运用遗传算法进行设计求解存货最小问题。邱荣祖, 钟聪儿和修晓虎 (2011) 应用 GIS 与禁忌搜索引擎实现技术相结合,解答生鲜农产品物流路线设计优化提问。杨玮, 李国栋和张倩 (2013) 使用粒子群算法解决生鲜有机农产品物流车辆路线最短提问,利用陕西某果业有限公司数据分析做案例剖析,证明计算的实效性。李薇 (2016) 提出了一种新的库存路径优化问题模式,它可以在数量固定和随意两种情形下,有效地减少生鲜商品消耗成本,并利用遗传算法获得最佳解。此外,吴晓明, 杨信廷, 邢廷炎,杨红宇和李康 (2016) 也提出了一种存货物流总成本最小化模式,并采用混合启发式算法来解决。李翠平教授 (2017) 研究了在退货贬值率下,如何将订货数据和顾客评论结合起来,以优化生鲜同城配送模式的车辆路径,并利用改进的遗传算法解决。陶帝豪,刘蓉, 雷勇杰和章桥新 (2019) 则探讨了生鲜冷链配送环节中可能产生的高碳排放量难题,他们建立了一个总成本最小的模式,并提出了一种全局人工鱼群算法来解决。

总体来说,近年来,我国冷链物流行业发展迅速,其中生鲜农产品的冷链配送发挥了重要作用。与传统物流配送相比,生鲜农产品的冷链配送更加精细化,不仅要求制冷成本更高,而且还要求时间更加严格,因为生鲜农产品易腐,需要更加精确的控制温度和时间。根据上述分析,冷链物流路径优化提问已变成物流领域的热门话题,国内外学者们在此方面做出了大量的努力,取得了不少成果。因此,本文将以此为基础,深入研究相关理论,并将其有机融入到本文的研究中,以期达到更好的效果。上述分析,本文基于此将站在现有研究基础上,对相关理论进行深入学习,并将其有机融入到本文的研究中。

1.3.2 带时间窗车辆路径优化问题研究现状

1) 带硬时间窗问题研究

Cetin and Gencer(2015) 共同探讨了硬时间窗的时候取货和配送之间的车辆道路难题。以时间窗口等待时间最小化为研究对象,给出了解决此难题的启发式方法。在随机时刻下,Errico, Desaulniers, Gendreau, and Laporte. (2016) 深入研究了硬时间窗下的车辆路径优化问题,并使用了 VRPTW-ST 模型来建模。他们还采用了严谨的分支切割和分支定价算法来解决。Rincon-Garcia, Waterson, and Cherrett (2017) 提出了一种新的时变汽车路径理论,旨在最小化使用汽车数量和行驶时间间隔。提出的新方法通过大邻域搜寻技术和变邻域搜寻技术来帮助人们寻找。Hu, Lu, Liu, Li, and Wu(2018) 提出了一种新的自适应变量邻域搜索方法,它可以在不明确需求和驾驶时间的情况下,有效地解决车辆路径问题,并且可以在第一阶段最小化汽车路线数量,第二步段最小化汽车平均行驶路程数量。Douglas, Miranda, Juergen Branke, and Samuel(2018) 提出了一种新的服务,它能够根据用户的时间需求来调整出行日期。以最低运行成本和最佳服务质量为宗旨。Ming and Ma(2020) 提出了一种新的算法,可以有效地求解,该算法采用多目标迭代搜索的方式,以最短的总运输间隔为优化对象,并建立了一个考虑每个客户对硬时间窗需求的数学模型。通过改进的蚁群计算,克服了模型的困难。

在随机时刻下,Errico and Desaulniers(2016) 深入研究了硬时间窗下的车辆路径优化问题,并使用了 VRPTW-ST 模型来建模。他们还采用了严谨的分支切割和分支定价算法来解决。Rincon-Garcia, Waterson, and Cherrett(2017) 提出了一种新的时变汽车路径理论,旨在最小化使用汽车数量和行驶时间间隔。提出的新方法通过大邻域搜寻技术和变邻域搜寻技术来帮助人们寻找。Hu, Lu, Liu, Li, and Wu (2018) 提出了一种新的自适应变量邻域搜索方法,它可以在不明确需求和驾驶时间的情况下,有效地解决车辆路径问题,并且可以在第一阶段最小化汽车路线数量,第二步段最小化汽车平均行驶路程数量。Douglas, Miranda, Juergen Branke, and Samuel(2018) 提出了一种新的服务,它能够根据用户的时间需求来调整出行日期。以最低运行成本和最佳服务质量为宗旨。Ming and Ma (2020) 提出了一种新的算法,可以有效地求解,该算法采用多目标迭代搜索的方式,以最短的总运输间隔为优化对象,并建立了一个考虑每个客户对硬时间窗需求的数学模型。通过改进的蚁群计算,克服了模型的困难。

1) 带软时间窗问题研究

Iqbal, Kaykobad, and Rahman (2015) 提出了一种新的方法,即在保证车载容积和软时间窗条件的前提下,以最少的总行驶距离和汽车规模为目标函数,并根据人工蜂群 ABC 计算的理论,采用二步条件局部搜索和邻域选择的方法,有效地解决难题。Chu, Yan, and Huang (2015) 研究了一种采用软时间窗的多程序分货汽车道路难题,并提出了一种二阶段启发式求解方法。Kang and Lee (2018) 则探索了一组复杂的多车辆路径问题,旨在最大限度地减少企业的总运输成本(包括分配成本、旅行成本和延误成本)。Li, G and Li, J(2020) 提出了一种新的遗传算法,用于解决中存在的窗口时间的车辆路径问题,并且利用多仓库的实例来模拟,以期获得更好的解决方案。Ming and Ma(2020) 致力于研究如何通过软时间窗和两种补电方法来优化电动汽车的路线设计。以最小运输费用,汽车运用生产成本,电力生产成本和惩罚生产成本为目标函数,并利用蚁群计算对模型加以计算。

郑建辉 (2013) 研发第三方配送模式下,以物流配送中心数量和时间等待费用成本很小为总体目标。研究构建带软时限窗下的汽车路径优化问题,并利用禁忌搜索算法实现解决。葛显龙和竹自强 (2019) 运用电动车来研发带软时限窗下的汽车路径优化问题。构造汽车固定成本费用、物流总价、时限窗惩罚成本费用三目标成本费用最低的目标函数问题,并引入禁忌搜索法与节约计算结合来实现解决。潘帅, 陈钰成, 高元和李文霞(2020) 研发了带软时间窗的多车型物流服务调度问题,确定装载和物流总价较小为总体目标模型。并运用禁忌搜索算法实现解决。李博威, 户佐安, 贾叶子和唐诗韵(2020) 研究同时取货派送双重条件下的,构成以物流路线最短,车辆使用最短,软时间窗惩罚成本较小,客户满意度最高这五项基本目标的 VRP 建模。并运用 LINGO17.0 计算全局最优解。

2) 带模糊时间窗问题研究

Ghannadpour, Noori, Tavakkoli-Moghaddam, and Zandieh (2014) 给出了一种新的多目标车辆路径规划问题,它能够在满足客户服务时间满意度凸模糊数的前提下,最小化汽车数量、总行驶距离和等候成本。该难题基于遗传算法,并采用求解

策略,以期达到最佳的路径规划效果。研究人员 Adelzadeh, Asl, and Koosha (2014) 给出了一种新的数学模型,用于解决多车场司机路线难题,该模型考虑了时间窗和不同车辆类型,旨在减少出行距离,提高客户服务水平,他们还给出了一种改进的模拟退火算法来求解。Cao, Yang, and Ren (2017) 给出了一种新的方法来解决,该方法考虑了交通动态变化和顾客模糊时间窗,旨在最小化配送总成本并提高顾客满意度。Diao, Fan, Ren, and Liu (2021) 则给出了一种新的多车场开放车辆路径难题,它不需要考虑模糊时间窗。通过将遗传算法与匈牙利算法相结合,我们可以有效地求解,从而实现总成本最低的目标函数。

国内学者在关于车辆路径设计的建模中,使用了多项计算技术开展了深入研究。刘书芳 (2016) 提出了一种新的模式,它能够在满足模糊时间窗条件的前提下,大大降低物流成本费用,提升客户满意,并通过改进的遗传算法解决难题。杨翔, 范厚明, 张晓楠和李阳 (2016) 提出了一种新的方法来求解模糊时间窗下多配送中心开放式车辆路径最大化的难题,并利用蚁群计算成功地解答了这一总成本最小的难题。楼振凯 (2017) 提出了一种新的模糊时间窗函数,用于衡量客户满意,并构建了一个多目标车辆路径优化模式,以最小的配送距离和最高的客户满意为主要目标,通过模拟退火算法,对实现了模拟求解。研究人员曹庆奎, 杨凯文, 任向阳和赵丽飞 (2018) 提出了一种新的双目标车辆路径优化模式,它充分考虑了道路改变对配送时间窗的负面影响,并以模糊时间窗为约束,旨在降低物流配送成本费用,提高客户满意。为了检验模式的效果,他们对伊藤算法和蚁群算法开展了比较模拟。根据户佐安, 贾叶子, 李博威和刘陆 (2019) 提出的模糊日期窗下的双目标车辆路线最佳优化模式,可以有效地减少物流配送效率,同时提升消费群体满意,并且通过 LINGO17.0 进行数值仿真计算,从而实现对物流运输日期窗准时性和货品货损率的有效评估。在需求不确定性的情形下,范厚明, 耿静, 李阳和徐振林 (2019) 提出了一种模糊时间窗制约的车辆路径优化问题,并以最短的物流距离和最大的客户满意为总体目标建立了 VPR 模式。终于,他们通过改进遗传算法,使用擂台规则实现数值仿真,成功地解决了问题。

通过整经过整理分析,可以发现,外国的研发重点放在车辆路径的策略和技术

应用上,而中国国内则更加关注车辆路径的基础理论层次,关于车辆路径模拟的案例探讨较少。在分配方式和道路改善领域,外国的研发更多地聚焦在现实车型开发上,而中国国内尽管近几年也有了不错的研究成果创新性,但研发深入仍有待深化。因此,本文将以车辆行驶时间变化相关理论研究为基础,深入探讨物流配送路径改善的问题,以期获得更好的研究结果。通过改进遗传算法,我们进行了一些创新性研究。在研究物流配送路径优化时,在立足于车辆行驶时间变化相关理论基础上,结合改进遗传算法进行一定程度的创新性研究。

1.3.3 时变交通下车辆问题研究现状

1) 时变交通车辆路径问题

Jabali, van Woensel, and Kok (2012) 给出了一种在时间依赖性的汽车路线环境条件下对 CO₂ 污染实施模型的架构。通过调整汽车的行驶速度,我们可以将每公里的二氧化碳排放量降至最低。结果表明,在完全依靠时限的自然环境条件中,汽车可以尽量避免驶入造成高污染的拥堵时期。根据 Setak, Habibi, Karimi, and Norouzi (2015) 的研究结果,采用 FIFO 原则可以更快地实现的产品提供/售后服务。此外,Soysal, Bloemhof-Ruwaard, and Bektas (2015) 还提出了一种混合整数线性规划模型,它能够充分考虑碳排放量和不同时候转速等实际问题,并且基于时间依赖的第二梯队控制,可以更有效地解决汽车路径问题。Güner, Murat, and Chinnam, (2017) 依据每一天中的时间列车的定位、当前和预测的网路阻塞情况,利用随机动态规划(SDP) 为每对车站形成动态路由策略(DRP),并使用历史流动资料在仿真网络系统中对方法加以试验。Afshar-Nadjafi, B and Afshar-Nadjafi, A (2017) 考察了时变多仓库列车路径问题。假定地点之间的旅程时刻取决于发车时刻,在满足客户服务时刻窗限定和列车最高容量的限定下,以较大限度地降低异构车队的费用。Huang, Zhao, Woensel, and Chen (2017) 依据旅客出发时间和相应道路网络的拥堵情况,给出有路线弹性的时变车辆路径难题判断。Karoonsoontawong, Punyim, Nueangnitnaraporn, and Saensomros (2020) 分析了带软时间窗和超时条件的多程序时变车辆路径难题(MT-TDVRPSTW-OT)。以汽车使用、运送距离、运送时限、加班和晨/晚软时间窗惩罚成本等作为决策函数。给出

了一个后处理贪婪启发型的迭代余步游结构与改进方案以及单步式游的对应方案来解决该问题。

张如云和刘清 (2015) 提出了一种新的、环保型的、低碳节能的汽车路径优化问题模型,以满足城市各个时段的交通需求,并且能够有效地提高汽车配送速度和准时性,从而达到最小化总体造价的目标。兰辉,何琴飞,边展,陈家俊和魏学文 (2015) 则进一步利用混合遗传算法构建了,以较好地实现汽车路径规划。通过葛显龙和张慧 (2018) 的研究,他们以京东为例,考虑了行车距离、持续时间、费油量等因素,探讨了时变交通车辆路径规划提问,并运用遗传算法加以解决。由于不同时间段的车辆速度有所不同,所以,他们主要分析了汽车在各个始发时段对物流总成本的影响程度,从而较好地调节车辆路线。根据刘长石,申立智,盛虎宜,吕雄鹰和瞿艳平(2020) 提出的碳排放成本函数,考虑到行驶速度、运输距离和道路情况,他们构建了一个汽车路径优化问题模型,旨在最小化碳排放成本。为了更有效地解决城市交通拥堵问题,他们采用了改进的蚁群算法,从而大幅降低中的碳排放量。

2) 时变交通的车辆路径问题求解研究现状

Kuo (2010) 给出了一个模拟退火算法,用于研究与时间有关的车辆路径问题中的总燃料消耗问题。该方法不但考察了装载重量,还考察了"不通行"特点,即拥堵状况。采用这种方法,Kuo 可以找到最低的总燃料消耗路线。Qian and Eglese (2016) 研究了汽车道路的容积和不同阶段路况对 CO₂ 排放量的影响,并给出了一个基于列生成的禁忌搜索算法来应对中的挑战。根据 Ehmke, Campbell, and Thomas (2016) 的研究,在城市中,汽车的行驶速度会受到 CO₂ 排放量的影响,而且最佳的行驶路径取决于汽车的负载,因此,提出了一种禁忌搜索算法来解决这一问题。Xiao and Konak (2016) 考察了异构汽车,时变交通,客户时间窗口约束条件,汽车-荷对环境污染的-面影响及其汽车容量制约条件建立模式,给出了一个 MIP 与迭代邻域搜索的混合计算。研究人员 Alinaghian and Naderipour (2016) 探讨了时变汽车途径对油耗和 CO₂ 排出量的负面影响,为了寻找最低的油耗途径,他们给出了一个改进的高斯萤火虫算法,以期达到最佳的油耗效果。由于车辆拥堵影响了

行车车速,并导致环境污染增多,Franceschetti, Demir, Honhon, and Laporte (2017) 提出了一种自适应的邻域搜索启发式方法,并采用了全新的移除和插入运算符,从而大大提高了解决问题的效率。Cimen and Soysal (2017) 通过分析不同阶段道路交通状况对车速的影响,建立了一个以最小总量为目标的马尔可夫决策模型,并提出了一种启发式的方法,用于动态规划,从而成为中提供的决策辅助工具。Sever, Zhao, Dellaert, Robb, and Stavrakakis (2018) 提出了一种新的动力学最短路径问题,它可以使用离散时间有限地平线马尔可夫过程来求解,并且采用了确定性超前政策和值函数逼近的聚类混合近似动态计划(ADP) 技术,以为例,可以更好地描述随时间变化的动力学最短路径问题。

按照段征宇, 杨东援, 王上 (2010) 的研究,由于货物出发地点的不同,途径的道路也会有所差异,从而导致货物行进情况也有所不同,这就需要采用蚁群算法和局部搜索算法来求解时变交通的难题,以提高求解效率,并且也可以有效地解答大规模需求时的车辆路径优化难题。李锋和魏莹 (2010) 给出了一个新的遗传方法,可以有效地解答易损耗商品在时变车速下的路径优化难题,并且可以依据前期汽车驾驶数据及时调整路线。此外,穆东, 王超, 王胜春, 何宏斌和陈宗民 (2015) 给出了一个并行模拟退火算法,可以有效地处理时变交通的VRP问题,从而更好地满足实际应用的需求。研究人员姚坤, 杨斌和朱小林 (2018) 探讨了城市交通状况对碳排放量的影响,并给出了一个优化方案,该方案考虑了时变道路状况下的汽车驾驶时机和CO₂污染成本。通过应用改进的粒子群算法,他们最终得出了碳排放量较低的物流路径。娄晶, 周骞和胡轶群 (2019) 从生鲜商品对时段的可靠性考察城市流程中所有阶段路况差异对其的一面影响,建立采用司机总量和物流总时段最少的双目标模型,并采用蚁群算法综合局部搜索法实现数据模拟计算。赵志学和李夏苗 (2020) 探讨汽车容量及车载装货量、最低生鲜商品新鲜度这个三种限制因素,以总成本最小为模式,并引入自适应蚁群算法加以解决,最好为生鲜物流企业车辆配送路径优化做出选择。

随着时代的发展,国内外研究人员都在努力研究时变交通下车辆模型和算法,并取得了一定的成果。然而,基于时变交通下车辆要求,结合冷链物流配送因素,对

路径优化效果开展深入研究的研究仍然相对较少。尽管大多数时变交通下车辆路径优化研究都集中在常温物流配送上,但是生鲜冷链物流的研究却相对较少,因此,本文将结合已有的研究成果,运用时变交通下车辆路径优化和遗传算法,开展综合性的研究。

1.3.4 研究述评

综合目前国内学术界的研究状况,看来大多数研究者比较重视生鲜商品在车辆路线规划中所面临的问题。并根据问题给出了具体的方法,对于生鲜商品冷链物流车辆路线优化问题也提出了相应的理论基础和支撑。但是目前在国内学术界的对生鲜商品物流配送相关研究中,考察货损状况而较少考察消费者对生鲜新鲜度满意程度对物流成本的影响,且大多数企业在物流配送过程中并没有考虑动态的交通管理问题,而是考虑了时变交通状况对物流配送准时率评价和对生鲜商品生鲜率满意度得影响,进而影响企业物流配送决策。具体情况如下:

1) 在生鲜商品的物流过程优化问题上,因为生鲜商品对物流时效、物流配送条件存在明显依赖性,较多人在研究生鲜冷链的货物配送流程时,只是关注由于生鲜商品腐蚀性所产生的量货损从而转变成货损成本,而忽视了由于物流时效和物流配送条件产生的量损问题从而降低用户对于生鲜新鲜度问题信心,对生鲜电子商务企业的存在与发展产生了极其负面作用。目前的市场研究中对于生鲜新鲜度研究大多是把新鲜度视为主要因素,即满足了用户手中的生鲜食品能否达到消费者的最低需求,但并未将生鲜新品价格和物流价值直接关联到一起,将用户对于生鲜新鲜度的评价转化为成本,才能更有效的为生鲜电子商务企业进行物流管理。

2) 目前的研究大多关注于优化生鲜商品车辆物流路线,但是这种假设往往忽略了城市交通中气候变化、尖峰时间、突发事件等复杂因素对交通状况的影响,从而无法满足实际需求。因此配送车辆时速也就不会长期维持恒定,而因为在不同时段的道路拥堵系数不同,因此汽车配送速率也发生了变化,而汽车配送速率的差异,会造成在物流配送到达消费者手上的时则差异。

所以,本章将在时变交通的情景下考察生鲜商品新鲜度与模糊时窗二个时间

约束的生鲜商品冷链货运物流车辆路径优选问题。充分考虑生鲜商品新奇度对整体物流配送降低成本的-面影响,包括因交通状况复杂多变造成物流配送车辆速度时时变化,而造成的对物流配送日期窗准时性及其整体生鲜商品新奇度的-面影响。并建立了充分考虑汽车使用降低成本、整体物流配送运输费用、包装和装卸货时的制冷成本费用、碳排放量降低成本、模糊时间窗及其新奇度满意度惩罚成本费用之和最小化的生鲜冷链物流运输及快递配送运输车辆路径优化问题模式,以实现在使得客户满意更多的情形下,更好的减少整体物流配送降低成本。

1.4 研究内容和研究方法及技术路线图

1.4.1 研究内容

通过对生鲜电子商务的冷链物流过程的一些历史和资料探讨,得出现阶段生鲜物流配送面临的困境和问题,并且解决流程上的困难。所以论文拟以生鲜电子商务企业物流配送车辆路径优选问题作为研究目标,其内容设计如下:

第1篇:绪论。本文中首先介绍了目前生鲜电子商务的成长过程,在现阶段生鲜电子商务的市场需求正在快速增长,但是在对生鲜商品冷链配送大型连锁超市过程中出现一些问题的研究背景下,作者指出了本文中关于生鲜冷链配送的道路问题的重要研究价值。同时参考了生鲜商品新鲜度、顾客预定时窗问题、时变交通下的车辆道路问题和车辆配送的资料,最后基于学术背景和资料参考形成了文章中重要的部分。

第2篇:相关基础理论。本文首先阐述了关于生鲜冷藏产品物流配送的基本理论问题,从生鲜商品的保存最佳程度的不同,将商品进行了分类。并通过研究生鲜商城冷链配送中从制造到出售的四个主要物流单元,由此得出生了生鲜冷链物流的流通环节中必须注意的基本问题。进而研究了生鲜商品新鲜度函数的原理,为今后的生鲜商品冷链的物流配送过程优化奠定基石;并再次研究了在生鲜物流配送中因为城市内道路交通的复杂化,在不同地段的车辆通行效率也将因为在不同城市的道路交通等复杂状况而产生动态变化,而不再使车辆物流效率处于静态不变的状态。因此通过对时变交通的基本概念与特征的介绍,首先阐述了时变交通系

统的汽车运行效率模式,以及现阶段的理论研究方法,为后期的时变交通系统的模型建立与计算解决方法奠定了基础。最后阐述目前存在的求解汽车道路优化问题的理论研究方法,以及相应的技术优缺点,为后期的生鲜冷链物流配送的汽车道路优化问题建模解决方法奠定了依据。

第3篇:HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化模型构建。本文首先结合了HM生鲜商城场景分析结果和目前在生鲜物流配送流程中所出现的实际情况,根据出现的情况给出了相应的假设并给出模型建立的参数。然后通过考察了传统的冷链物流的配送路线优化问题的模型构建过程,并采用了带模糊的窗参数和生鲜商品新鲜度随时刻变动的参数为保证顾客满意的约束条件,并且考察所有时段的汽车运行速率会随着路面状况而发生变化,并利用不同节点之间的路程距离来表现随时刻变动的交通网络情况后,在物流配送中心每日常规的服务时段下,构建了一个时变道路下的HM生鲜商城冷链物流配送车辆路径问题模式,并对模型中的所有限制加以了说明。以模式为依据,解决了总物流成本最低的生鲜电子商务物流配送车辆路径问题,并且也为下一个环节的计算研究打下基础。

第4章:HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化算法设计。本文将重点介绍关于根据第三章构建的生鲜商城冷冻物品物流配送的道路优化问题数学模型和解决方法的研究,本文先根据目前已有的方法的主要利和弊加以了比较,然后再根据构建的生鲜商城冷链配送道路改善模式的重要性,最后再运用遗传算法加以解决。因此首先介绍了遗传算法基本原理和主要方法并加以说明,但是由于遗传算法求解的计算结果很易于存在局部最优的解问题,所以结合变邻域搜索算法展开了完善,在通过遗传算法得出的每一批计算结果的周围展开邻域查找,看能否获得最优解,让解决问题的效果更好,并总结了变邻域优化问题遗传算法的基本要求。

第5章:HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化案例结果分析。本文首先对HM的生鲜商城背景和基本数据做出了介绍。接着,对所建立的模型建立的传统遗传算法,和变邻域遗传算法做出了在各种数量分配点规模下的结论解析比较,得出两种方法的在生鲜电子商务公司冷链物流下的最佳汽车行驶路线方案和总物流配送成本。最后,对文中所建立的生鲜商城冷链物流配送路径优化模型设计的传统遗传

算法,与变邻域改进遗传算法的设计求解成果予以了比较解析,经过比较结果显示,文中所用的变邻域改进遗传算法,对计算中所建立的司机路径优化模式具备了效果和切实可行,并且有助于更好地解决生鲜电子商务公司所遇到的物流问题。

第6章:结论与展望。概括论文的大部分学术内容与成果,并对未来的发展趋势做出预测。

1.4.2 研究方法

文中研究方法具体包含了文献研究法、定性和定量分析结合法、对比分析法:

1) 文献研究法

本文以冷链物流路径优化以及遗传算法三方面入手做出综述,对已有的研究文献内容进行了归纳整理,提出了要做出深入研究的问题以及方向,在理论层面上给后续研究提供支持。

2) 定性定量分析法

文中在构建结合改进遗传算法的冷链配送路径优化模型以前,采取定性的方式来对改进遗传算法对于冷链物流的关键作用进行了分析,然后对改进遗传算法等进行量化,给之后文中所要研究的数学模型的构建提供支持。

3) 对比分析法

本文采用改进的遗传算法求解配送过程中的最优路径,且把改进后的方法与传统遗传算法所得结果做出比较分析,为文中采取的改进算法有效性做出验证。

1.4.3 技术路线图

论文的技术路线图如图 1.1 所示:



图 1.1 研究技术路线图

第 2 章

相关基础理论

2.1 冷链物流相关理论

2.1.1 冷链物流温度带分区

冷链物流系统旨在保证上游供应商和消费者之间的商品质量和安全，它通过不断调节温度来实现冷藏和存储。然而，如果在商品流通过程中出现温度变化或者冷链使用不当，可能会导致商品质量和新鲜度下降，甚至消费者对此缺乏信任，进而导致浪费。

通常,生鲜商品按不同商品的最高贮存温度的差异分成四条温带,如表 2.1 显示:

表 2.1 生鲜产品存储流通温度带

温度带	温度(摄氏度)	适用对象
控温带	(10,20)	油粮米面类等常温产品
冷藏带	(0,4)	新鲜瓜果蔬菜;新鲜肉类;奶制品;医疗药品等
冷冻带	(-18,0)	冷冻肉,冷冻水产品;速冻水果、蔬菜;冷冻糕点等
深冻带	(-50,-30)	冷冻肉类、鱼类、冰淇淋等快速结冻并存储

按上表 2.1,生鲜商品可以按温度归类表示:最常用的冷藏商品包括鲜肉、冰冻冷饮、速冻食品等,但这类的储藏条件对于温度环境要求很高,通常要求在低于零下三十℃的情况下实现迅速冷却,在存放和搬运过程中温度也必须设置在低于零下十八℃的状态中;常用的冷冻商品,一般有鲜活的瓜果蔬菜、生鲜肉食、鲜活水产平、乳制品、还有一些特殊的加工产品等,其中要求保鲜的商品一般存在着不同

的存放温度,在通常条件下要求在零°C至四°C的条件中进行贮藏、运送和处理工作;加工食品等的常温商品,对环境温度要求并不高,包装方式一般也与普通商品相同,不过必须在较干燥的条件下运送。

2.1.2 冷链物流流程

因为生鲜商品会随着气温和时间的改变品质和生鲜性不断降低,要确保生鲜商品在物流配送中保持更高品质和生鲜特性,将生鲜商品冷链在流通过程中分成了四大链接系统的有机组成:预冷却工序,仓储环节,物流环节和营销环节,且顺序和时间都不同。冷链物流中的各个环节都是彼此联系和相互依存的,而任何一个环节中的问题都会增加对生鲜农产品和有关人员和物质资源的耗费,从而使得冷链物流中的所有后续环节都变得毫无作用。

1) 预冷却加工

在进入冷链低温状态以前,加工生鲜制品的第一步就是预冷加工工艺,这对保证产品安全和延长保质期必不可少。产品经过预冷的加工主要目的就是在采收,宰杀或捕捞时尽快去除生鲜制品的自身的温度。该过程大大降低了生鲜制品中的生物理化活性,从而减缓了病害的发生,并使对人类感官功能和营养物质的损害最小。另外,由于产地预冷却操作大大降低了对制冷功能的要求,并避免了在后续的冷链中的巨大气温变动。所以,在操作和保存易腐烂生鲜制品的整个操作中,产地预冷却操作是最为主要和重要的,因为不同的地区生鲜制品中预冷却的方法也有所不同。

2) 存储环节

储存冷藏的重要功能在于创造平稳、舒适和持久的温度控制条件,从而保护经过预冷后的生鲜商品的安全。所以,储存冷藏是生鲜商品供应链中的关键环节,能够进行集中的商品贮存与处理,从而保证市场供求双方的均衡发展和调节商品的运输能力。而目前,生鲜商品的常见保存方法一般有冷风保存和空气调节保鲜法。冷风保存一般采用室内空气为冷却介质,其效果(即制冷速度和均匀,能耗,商品失

水) 直接取决于包装材料和堆叠方法,风力,室内空气水温和潮湿的适应度。气调保鲜一般采用冷空气保存,但也能够调节保存废气的成分(比如,高二氧化碳和低氧),减少食品变质以及食品中细菌的活动。所以,就和用冷空气保存一样,气调保鲜方法也能够拉长食品的保质期。

3) 运输环节

冰冻食品物流是在冷链中的上和下游过程。冰冻食品物流由各种运输模式,如海运,航空,公路运输和铁路运输,其中最佳的冰冻食品物流方式在于生鲜商品的损耗量,经济效益,降低成本以及顾客要求。冷冻产品的运输体系受许多条件限制,比如空气相对湿度,相对于风力或汽车转速,以及天气环境改变等各种因素都影响了生鲜制品的质量和新鲜度。虽然公路运输是比较普遍的生鲜制品运送途径,但怎样在长途运输、短途运输过程中最好的保证生鲜质量和新鲜度,还需要一定的技术。比如增加制冷功能,改善冷冻容器的结构,并采用较新制冷剂。

4) 销售环节

在将生鲜商品送达消费者以前,冷链营销是生鲜冷链运输中的最后一个关键的阶段。根据实地调查表明:在我国,商店中近百分之八十的生鲜果品和蔬菜都因为气温不适宜而产生了损失。但有关调查报告却认为,不正确的气温和湿度管理才是导致近一零点五商品无法售卖的主要因素。另外,在冷链的发展早期阶段,由于各种高温和潮湿问题,质量恶化,以及交叉污染等风险因素的积聚和传递,将对整个冷链物流销售流程中的生鲜质量和安全形成重大影响。所以,在整个冷链商品物流配送体系中,销售是最薄弱,也最贴近消费者生活的环节。如果最后一个防线上没有严密的产品质量和服务安全监管,很可能让整个冷链商品物流配送体系都达不到要求。

根据上述国际冷链运输规范,在生鲜商品的冷链运输的整个流通环节中,必须遵循如下四点:

- 1) 预冷的加工必要性。企业必须在生鲜产品收割、捕获的时刻需要及时进行

预冷却处理工作,从源头把生鲜产品保护到最好程度。

2) 贮存与储运时期不可过长。生鲜商品大多数都是需要冷链储藏和运送的,因为冷藏和冷冻食物会因为时效的改变出现品质和数量上损失,如果储藏和运送时间过长,可能会没有适用价格,所以冷链储藏和运送时间都不要过长。

3) 贮存与储运温度控制适当。生鲜产品和新鲜度对温度要求相当严苛,具有强烈依赖性,所以各个品种的生鲜产品必须严格维持在最合适的温度进行贮存、运输和销售。

4) 冷链在各环节中交接的位置正确。冷链流通环节的各个环节和交接阶段,必须确保生鲜商品信息传递准确,避免因数据差错造成某一环节的问题降低生鲜商品新鲜度和品质,进而导致整个冷链商品配送体系功亏一篑。

2.2 生鲜产品新鲜度相关理论

由于气候的不同以及时间的流逝,生鲜制品的质量或者鲜活性会出现不同程度的差异,如果品质和新鲜度出现下滑,将会导致消费者产生不满足的现象,而下滑到一定程度就没有了价值,意味着产生货损价值。在中国目前冷链物流率低的现状下,生鲜商品在储存、包装和物流过程中出现损失大的情况,也容易导致要求生鲜品质好的消费者产生不满足,所以生鲜质量的新鲜度高标准增加了经营生鲜冷链大型连锁超市的困难。

生鲜商品新鲜度水平代表生鲜商品的质量及品牌是否好坏,如果鲜活性低下会造成消费者不满足,同时会削弱消费者购物的愿望。所以维持商品新鲜度对于生鲜电子商务企业发展与存活至关重要。由于生鲜商品新鲜度随着采集前或捕获后都会出现不可逆转的下滑,但是怎样在流通销售中采取适当措施以保持生鲜性,下滑速率缓慢也是必须处理的重要问题。也因为生鲜商品新鲜度会随着气温和时间的改变而出现不同程度上的下滑,本章将着重探究在冷链运输下温度随时间改变下的新鲜度函数。目前中国国内学术界对生鲜商品新鲜度的主要概念包括:

1) 新鲜度取值范围为 $[0,1]$ 。

2) 新鲜度数值小于 1 说明生鲜商品存在最高新鲜度。

3) 随着季节的延长,生鲜食品生鲜率呈现下降态势。

随着时间的推移,国内学者对生鲜商品新鲜度的变化趋势模型设置存在差异,因此,目前研究中已经提出了一系列模型分析,以探究生鲜商品新鲜度随时间变化的规律性。

1) 线性型新鲜度

Krishnan, Kapuscinski and Butz (2004) 提出了一种将保鲜努力水平与目标因素结合起来的直线乘积形式。杨春等人在研究零售商和配送服务商共同承担生鲜努力成本的情况下,也参考了 Krishnan 的直线乘积问题,并假设生鲜商品的新奇度与保鲜努力之间存在相互关联,表现为: $\theta(e) = \theta_0 e$, 其中, $\theta_0 \in (0,1)$ 为配送前的最初新奇度。

王磊和但斌 (2015) 考虑供应商保鲜努力下的鲜活度函数表达式为: $\theta(e,t) = \theta_0 - \rho(t/T)^{1/2}$, θ_0 表示将鲜活商品送到物流中的原始鲜活度水平; ρ 零表示商品在保鲜流程中鲜活度变化的极值,其变化为 $\rho = (1 - k_2 e)\rho_0$ 。零售商保鲜努力下的生产成本为: $c_f = \frac{1}{2} k_2 e^2$, 其中 $k_2 > 0$ 表示商品保鲜能力水准对的影响, k_2 数值越高,则生产成本也越高。

2) 指数型新鲜度

随着对生鲜新鲜度指数的长期研究,许多学者认为线性型指数无法反映实际情况,因此开始探索非线性的生鲜商品新鲜度指数。Fauza G 等(2014) 提出,生鲜食品的新鲜度与气候和温度变化有关,并建立了两种函数模型,用以描述冷链运输下随温度波动变化的生鲜商品新鲜度变化趋势:

$$\begin{cases} q(t) = q_0 * (-kt) \\ q(t) = q_0 e^{-kt} \end{cases}, \text{其中 } k = k_0 e^{-E_0/R\tau}$$

q_0 表示鲜活食品到达物流中的最初鲜活度水平; k 表示生鲜损耗量; 根据方程

可得到 k 值受温度 τ 、活化能 E_0 、压力 R 等参数控制。Chen, Dong, and Chen(2017) 考察单位时间的保鲜成本费用对保持新鲜度水准的一面影响, 即:

$m(t) = m_0 e^{-\frac{\rho t}{\beta A + 1}}$, m_0 是生鲜产品初始新鲜度; ρ 是鲜味素随时间推移的降低的速度; A 是生鲜单位时间保鲜成本费用。

2) 幂数型新鲜度

张旭和张庆 (2017) 建立生鲜商品更新度呈幂数型变量为条件的供应商系统优化协调模式, 则: $\theta(e, t) = \theta_0 e^{a\varepsilon}$, $\theta_0 \in (0, 1)$ 是表示生鲜商品送到物流服务中心的最初更新度标准; $e \in (0, 1)$ 表示了零售商保鲜的努力程度系数; $0 < a < 1$ 为保鲜成本对生鲜新鲜度限制指标; $\varepsilon \in (0, 1)$ 表示外部不可预测(气候, 交通运输等) 条件限制。

3) Weibull 分布型新鲜度

研究表明, 生鲜产品的新奇度参数已经从线性转变为非线性。最近的研究发现, Weibull 分布是最直观的参数, 它表示产品质量和数量随时间的推移而有所损失。Qin, Wang and Wei (2014) 等分析生鲜产品质量和数量均会伴随时光的推移产生相应限度的损失, 因而将新鲜度参数用 Weibull 分布表现为: $u(t) = \alpha \beta t^{\beta-1}$, ($\alpha > 0, \beta > 1$), 变质率为: $u(t) = \alpha_1 \beta_1 t^{\beta-1}$, ($\alpha_1 > 0, \beta_1 > 1$), 考察品种和数量同步下降时, 生鲜产品的价格和订购量相互均衡的现象。

研究表明, 生鲜商品的鲜活度伴随时光的推移而变化。最近的研究认为, 鲜活度函数最适合遵循 Weibull 分布。Qin, Wang and Wei (2014) 等人发现, 当产品质量和数量都下降时, 新鲜度函数会呈现出 Weibull 分布, 其中变质率为考虑产品质量和数量同时下降时, 生鲜产品的定价和订购量之间平衡的问题。

$$f(t) = 2 - e^{\beta t}, \beta > 0, 0 \leq t \leq \frac{\ln 2}{\beta}$$

由公式便可知道, β 是生鲜性的降低速度指标, β 值越大, 就代表生鲜性降低的速度的更快。 $t=0$ 时 $f(t)=1$, 代表当生鲜商品到达物流中心的时鲜活度最高。 $t = \frac{\ln 2}{\beta}$

时生鲜商品新鲜度水平已降低至零,代表生鲜商品并没有全部食用价值。对函数进行一阶、二阶求关于时间 t 的偏导为:

$$\frac{\partial \delta(t)}{\partial t} = -\beta e^{\beta t} < 0$$

$$\frac{\partial^2 \delta(t)}{\partial t^2} = -\beta^2 e^{\beta t} < 0$$

通过上式可得到,一阶和二次偏导所得到的最大值都是等于零,这表明了生鲜商品中随季节而变动的鲜活度指数是呈凸函数形的递减型曲线。表现的意义是:生鲜的商品新鲜度水准会随时间推移,由于水准持续增加的同时发生消耗,因此生鲜产品新鲜度的水平变化如图 2.1 所显示。



图 2.1 新鲜度随时间变化曲线

2.3 时变交通下车辆行驶时间变化相关理论

随着城市人口规模的增长,人们为了日常生活的便利,使得城市人均拥有交通工具越来越多,导致了城市交通道路非常复杂。人们日常生活和上班的规律性,出现了早晚上下班的道路容易发生交通拥堵的现象。随着生鲜商品的及时性和消费者对物流服务的准时性的满足,将会由于城市交通复杂性和拥挤情况出现生鲜商品不新鲜,物流信息时窗不齐的情况,对于合理的减少物流配送投入,提升消费者满意的生鲜物流配送车辆路径选择产生了很大的阻力。而以往的道路优化理论把汽车行驶时速设定为常数来加以分析,不适应现在城市道路复杂状况下,汽车行驶时速将因为不同时间段道路复杂程度变化而随时改变的现实。由此开始国内外专家

学者纷纷探讨时变道路环境的汽车道路优化问题,汽车行驶时速的动态变化。

Mala, Draki, amd Daskin(1992) 在研究时变与交通条件变化时,根据对不同时间段的分析结果,把一天的工作时间切分成了 n 个小时期。研究列车由于始发日期不同,所在不同线路的运行时间情况,如图 2.2 所示。

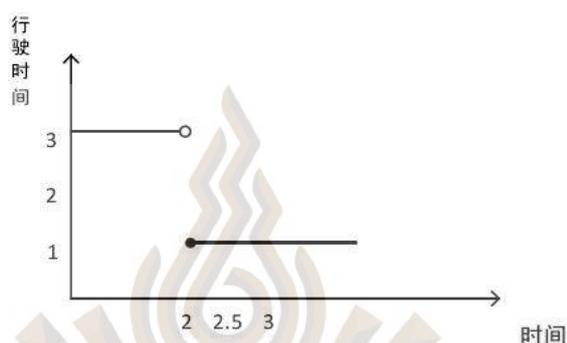


图 2.2 第一种时变模型

根据图 2.2,不同线路的汽车出行时刻会发生变化,从 $t=0$ 到 $t=2$ 期间,每个单位时刻抵达目的地的时间将会有所不同;而从 $t=2$ 开始,每个单位时刻抵达终点的时间也会有所不同。在图 $t=2$ 附近,有可能出现不同的情况:从 $t=1.9$ 时刻出发,将在 $t=4.9$ 时刻抵达目的地;而从 2 时刻出发,则可能在 3 时刻抵达目的地。这种现象就意味着,之后出行的汽车将较之前出行的汽车提前抵达终点,不合乎现实情况。由于在同一条路线上,先出发的汽车必然要比晚出发汽车先到达,也便是现实中的现金车先出(First-in-First-out, FIFO) 的原理,而造成这种不合乎常理现象的主要因素就是在时间 $t=2$ 时点发生的跳跃式的时间改变。

Hill and Benton (1992) 研究变量为汽车速度由于汽车起步时候的差异而产生差异的改变的情形,与以前的理论研究汽车行驶时间略有不同,如图 2.3 表示。

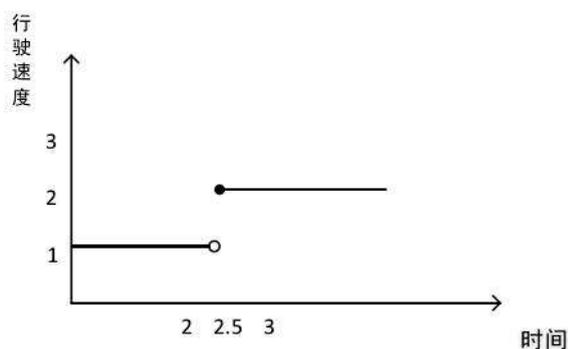


图 2.3 第二种时变模型

从图 2.3 可以看出,当 $t=0$ 时刻开始,汽车在相同一段距离内行驶时,每单元时刻行驶一个单元的一段距离。而当 $t=2.5$ 时刻到来时,汽车的行驶速度将会显著提高,达到每单元时刻两个单元的一段距离。在这篇文章中,我们假定两点相互之间的相距为 1,也就是说,在单元时刻内,汽车的行驶速度为一。当我们在 $t=2.4$ 时刻附近出发时,我们将在 $t=3.4$ 时刻抵达目的地。如果我们在 $t=2.5$ 时刻出发,我们将在 $t=3$ 时刻抵达目的地。因此,当后续车辆比前一辆车先到达时,这与 FIFO 准则的规定是不符的。

总结了上述的从汽车出发时间点同时改变二点的汽车运行时间或车速的两种现象,如果出现过多时间段同时变换跳跃点的情况,就可以发现不适合现实的 FIFO 方法。所以想要更好的处理秒变交通下的车辆轨迹优化问题,就需要对各时间段跳跃点存在困难的区域展开探索。

Ichoua, Gendreau, and Potvin (2003) 提出了一种新的时变模型,它将汽车行驶时速和运行时间的变化规律结合起来,并且采用 Hill 的跳跃式时间变换模型,如图 2.4 所示,以更好地理解汽车行驶时速的变化特征。

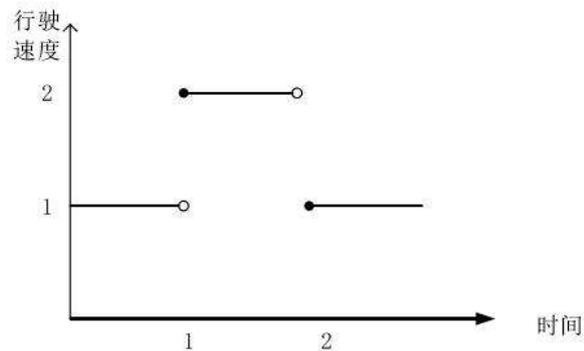


图 2.4 第三种时变模型—行驶速度

图 2.4 显示,汽车行驶时速仍然随着汽车出发时刻不同呈现跳跃式改变,汽车运行时刻随着行驶车速不同而改变。将二点之间的 (i,j) 路程设为 d_{ij} ,车辆出发的时间 $t=t_0$,则 $t = t_0, V_{ij}^k$ 就代表了 k 时间段的汽车行驶距离,则跨时间段的汽车行驶距离不同情况,表示方式如下:

1) 按照开始时刻的确定行车方式,然后求到达时刻 t 的数值,其中 $t = t_0 + d_{ij}/V_{ij}^k$ 。

2) 确定到达时点 t 是否具有跨时间段的运送能力,若结果 $t \leq t_{k+1}$,则说明到达时间 t 并没有跨越时间段,即表明运算后得出的到达时刻 t 是唯一结果,完成运算。否则转到 3)。

3) 由于跨时间段计算,则先对 $[t_k, t_{k+1}]$ 时间段内行驶的路程 d 进行计算,则 $d_{ij} - V_{ij}^k(t_{k+1} - t_0)$,剩下路程的车辆行驶速度为 V_{ij}^{k+1} ,行驶时间为 $t_1 = d/V_{ij}^{k+1}$ 。则总行驶时间为 $t = t_{k+1} + d/V_{ij}^{k+1}$,结束计算,令 $k = k + 1$,回到步骤(2)。

通过对汽车行驶时间的估计,我们可以发现,当汽车行驶速度呈跳跃式函数时,汽车行驶时间呈连续线性分布。图 2.5 提供了具体的信息。这种方法更能反映出在变化的交通环境中,车辆路线优化的实际情况,并符合 FIFO 原则。因此,本文选择了这种时变模式进行研究。

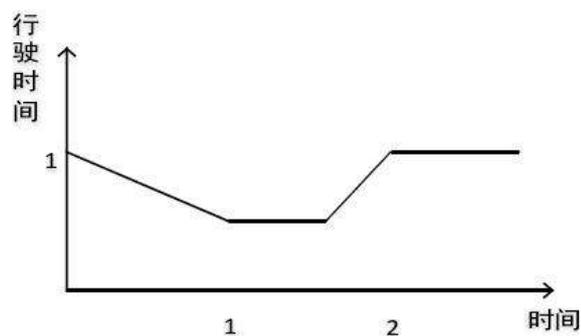


图 2.5 第三种时变模型—行驶时间

2.4 车辆配送问题求解相关理论

经过对国内外车辆路径优化研究文献的比较,可以发现,由于目标函数、决策变量和限制要求的差异,不同设计者们设计出了多种不同的算法,以解决各种复杂的问题。总的来说,目前解决车辆路径问题的算法可以分成精确计算、启发式算法二个类别。

2.4.1 精确算法

1) 分支定界法

分支定界方法最早由查理德卡普(Richard M.Karp) 在 20 世纪 60 年间创立,以解答整数程序设计难题。首先,根据分支将可以解空间分割为多少个子集;其次,在每个小子集中,根据光照功率密度自定义一个下界或上界(最高或平均值),然后,对这些小子集进行剪枝,以确保有效解的存在。最后,删除不超出光照功率密度的子群,以确保有效解的存在。好处在于能够更迅速的找出最优解。不过,如果需求点太多则使得分析的工作量太大而繁琐,并不适合于解答需求点较小的车辆路径问题。

3) 割平面法

割平面法是由美国人格莫理于一九五八年发明的,主要用来处理凸函数优化问题和混合的整数线性规划法难题。主要思路是在不存在变量取整要求的情形下,

解决线性规划法难题。若不是可行解,又或是所得到的最优估计解正好是某个整数解,那么难题就终止了。其整数解必须是最优解。否则,就增加了一种新的约束条件来重新处理这种难题,被叫做割平面法。该方案运算复杂而且费时时间较长,适合于解决中小型汽车路径规划难题。

4) 动态规划法

20世纪五十年代,美籍计算数学家 R.Bellman 等人创造了动态规划法,它将已解决的问题分解成若干个独立的子课题,以便更好地解决调度性质问题和计算路径等复杂问题。这种方法的核心思想是将难题分解成若干个独立的子问题,以便更有效地解决问题。首先,解决每一个提问,进而在对各个子问题的解中求得提问的初始值。特点是:动态规划法需要根据提问间的相互关联起来的特点分解,并根据一定的方法进行处理;当需求提问数量变大时,其计算工作量大幅增加。

2.4.2 启发式算法

1) 传统启发式算法

1.1) 节省里程法 节省里程法,是由 Clarke and Wright 于一九六四年发明的,专门用于处理在运送汽车数量不确定时,使得汽车配送路线距离最短的路线计划问题。主要思路为:根据三角形二端之和等于三边的基本原理,通过比较把二条路线转换成一条后节省里程的大小,以车内量较大的约束条件下选择缩短的总运输距离为最大路线方案,进而实现对有需求的车辆路线计划。但使用最大节省里程法会存在问题求解的结果不准确的情况。

1.2) 两阶段法,两阶段的一般做法是利用增加人工变量把难题分成二阶段,以获得线性规划难题初始基的可能解。第一步首先是逐步获得原目标问题中的基本可行解。第二步从原始问题中去掉人工变量,并在上个阶段基本可行解的基础上,逐步处理原来的线性规划问题。

2) 智能优化算法

2.1) 遗传算法(GA)

John Holland 博士的研究生 Bagley 在 20 世纪七十年代初期发明了遗传算法,这一技术为人类社会带来了巨大的改变。其思路为:模拟了达尔文生物论的自然生物进化论的筛选、交换、变异的三种机理,从而实现了随机搜索和进行最优求解的方法。其特征为工作简便,具备很好的可信度和鲁棒性,同时具备较强的并行性,适用于大规模并行求解问题,但会产生"早熟"的问题。

2.2) 禁忌搜索算法(TSA)

禁忌搜索算法,是由 Glover 于一九八六年发明的亚启发型随机搜索算法,可以很有效的克服了局部搜寻的缺陷。主要思路为:禁忌表中记录已发现的部分最优解并加以有意识的规避,以便进一步在其他方法检索,防止出现反复检索和部分最优预测结果,并保证检索结果的有效性和多样性。禁忌搜索算法可以弥补部分最优预测结果的状况发生,不过对初始最优估计结果存在明显依赖性,所以最好考虑通过其它方法来求解出更好的原始结果,以防止原始解不足而干扰最终结果的状况发生。

2.3) 模拟退火算法(SA)

模拟退火算法是由 N.Metropolis 等于一九五三年发明,并由 S.Kirkpatrick 等人于一九八三年发展并应用出来的。主要思路为:模拟退火计算法是通过模仿金属材料等固态物料高温退火的过程,从较大的初始温度入手,随着环境温度不断降低,以一定概率性地跳出局部最优预期计算范围,使计算的结论解近似为全局最优估计。模拟退火算法的设计求解效果受初始温度限制很大,因此如果希望求得结果比较好的话,就必须反复迭代。同时由于收敛速度慢,且运算时间过长,并不适于满足较大面积需求点的车辆路径优选难题。

2.4) 蚁群算法(ACO)

蚂蚁群算法,是德国学者 Marco Dorigo 等于在一九九二年发明的,主要适用于旅行商、指派问题、车辆路线等方面。其思路是,蚂蚁群在搜索食物的过程中会产生

一些信息素,使得之后蚂蚁在搜索食物时会按照先前由蚂蚁群产生的信息素多少选定行驶路线,从而构成了一个正反馈关系。由于信息素的积累,蚁群会沿着到的最短路线(信息素最多)进行觅食。因此蚁群算法有很大的搜寻功能,但同时,一旦寻找的时间太久,信息素就会减少,这也导致了它很容易发生的停滞情况。

2.5) 粒子群算法(PSO)

粒子群算法,最初由 James Kennedy, and Russell Eberhart 教授于一九九五年发明的。其思路为:模拟一个鸟,在某个领域中搜索一个食物的情况下,先把随机粒子测量与目标函数的相对位置,再寻找与其最近的微粒并跟踪他。最终经过反复计算迭代求解个体距离和群体距近目标的极值,再继续经过优化,才能得到最优解。因此粒子群算法的功能较好,收敛效率也较快。不过跟遗传算法最相似的地方是它也是经过反复迭代加以计算,这和遗传算法有些相似处,都是经过迭代加以最优预测计算,很容易进入局部最优,产生早熟的问题。

综上所述,精确计算与启发式计算对解决车辆路线计划问题都有各自的特点,适应规模程度也有所不同。由于国内外冷链运输需要量日益增大,考虑的现实问题也日益多和复杂化,由于精确计算仅仅适用单纯的路线规划问题,逐步被淘汰。智能优化计算开始成为人们处理车辆路线优化问题的主要方式。

2.5 本章小结

本文首先阐述了生鲜商城冷链配送的有关问题,从生鲜商品各自贮存最佳温度的不同阶段,将商品加以分类。并经过研究生鲜冷链商品物流与配送中从制造到分销经过研究,我们发现生鲜冷链商品的物流与配送涉及到四个主要流通模块:制造、分销和运输。这些模块都需要我们注意,以确保生鲜冷链配送的顺利进行。此外,我们还研究了生鲜商品新鲜度函数相关理论,为未来构建优化的生鲜冷链运输物流与配送路径奠定了基础。同时,我们还发现,由于城市环境和道路交通的复杂性,不同时段的车辆速率也会受到影响,并且会随着城市道路交通状况的变化而发生动态变化。不再是车辆物流速率保持稳定,而是发生了巨大的变化。商品冷链运输物流与配送路径优化体系奠定了基石;同时分析,在生鲜物流配送中因为城市环境

与道路交通的复杂性,在不同时段的车辆速率也会因为不同城市的道路交通等复杂状况而产生动态变化,而不再是车辆物流速率呈现静止不变的状况。由此经过对时变交通运输的概念与特征加以介绍,并剖析时变交通运输下汽车行驶速度模型现阶段的有关研究成果,为以后的时变交通系统的模型建立与计算求解奠定了基础。最后经过阐述目前已有的求解汽车路径优化的有关理论与算法,以及相应的优缺点,为今后选择生鲜冷链物流与配送的汽车路线优化模型求解与计算奠定了基础。



第 3 章

HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化模型构建

因为生鲜制品存在着易腐蚀性、不宜长期储存的特点,同时由于城市对物流运输的重要性,在不同物流配送时间段的车速也会随着道路交通的拥挤状况而变化。所以,在生鲜物流配送的进程中均会由于物流配送时间,以及配送车辆的温度等影响因素而出现一些品质或量损失的现象,同时生鲜商品的新鲜度也会随着时效的延长而逐渐减少。同时因为各个消费者对物流配送时效的需求,因此生鲜电子商务物流配送设备也必须在城市内道路路况复杂多变,行驶车速随时改变的前提下,以最大化满足消费者对生鲜商品的新鲜度,以及在物流配送时窗的需求。根据每位消费者对生鲜新鲜度以及配送的需求,科学合理的配置适当的配送车型以及选择合适的途径以使得符合消费者需求的前提下总成本最少的生鲜商品运到配送需求点手中。

3.1 HM 生鲜商城简介

3.1.1 HM 生鲜商城运营情况

HM 生鲜商城创建于 2015 年,注册资本高达三千六百一十亿元人民币,主要产品经营涉及生鲜瓜果蔬菜、生鲜肉类及水产品销售、冷藏肉类及水生产、奶制品及生鲜食品等,是中国业内起步较快的生鲜商品运营企业。随着网络环境的不断发展, HM 生鲜商城在 2015 年创办以来, 凭借其良好的用户信任度和出色的商品宣传, 已经在中国浙江省无锡、南京、浙江等地区建立了近 200 家专卖店, 并取得了显著的成果。而 HM 生鲜商城则立足于长江一带,力求把专卖店开往国内各地,意愿并把国内最新颖最优秀质的生鲜商品带给用户。

HM 生鲜商城在全国不同城市设有一个物流配送中心,为市内企业和附近的市民以及生鲜商店等提供生鲜物流配送业务,并建立了一千平方米的物流配送车间,同时还建立了庞大的仓储冷链仓库。HM 生鲜商城针对不同需求点订单,实行

统一采集、检测、入库、分拣、打包和物流配送为一体的服务。HM 生鲜商城还联合了县城附近的农民开展农业协作,从而降低了供应商的管理层级,和农民直接进行协作,从而更合理的减少了生产成本,同时提高了生鲜商品的新鲜度和品质,从而更好的为消费者准时高效地配送优质生鲜的商品。

HM 生鲜商城的每日按客户需求订单运营模型如图 3.1 所显示,因为 HM 生鲜商城是采取了"次日达+同日达"的经营模型,所以每天生产的订单数量都是基于现实客户的订单数量与预期客户订单数量的总和,而后完成了分类打包、物流配送等活动,直到把生鲜商品送达消费者手上。

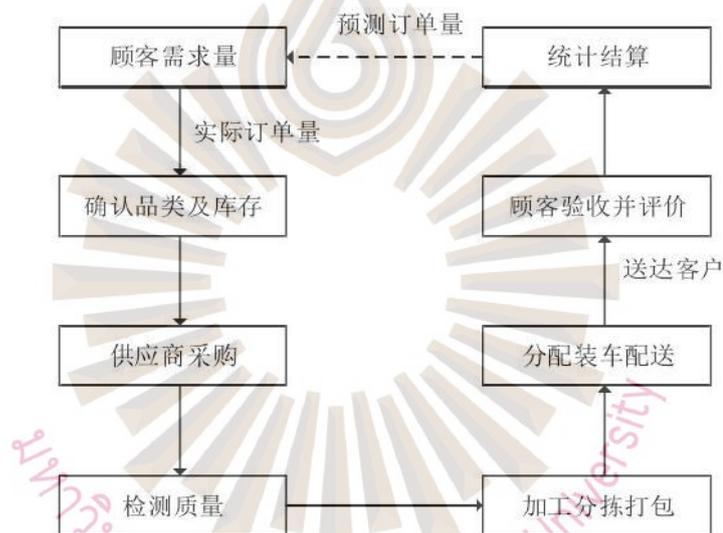


图 3.1 HM 生鲜商城日常运营模式

3.1.2 HM 生鲜商城配送存在的问题

本文所研讨的重点问题,是 HM 企业生鲜商城为 A 市内不同需求点的物流配送情况,目前已知 HM 企业在 A 市工业园区的一家物流配送中心为城市内及附近 N 个需求点配送了同种的生鲜商品,现企业在物流配送中主要面临的问题有:

1) 配送不准时

HM 生鲜商城公司采用了"次日达+同日达"的物流配送模型,每天凌晨按照客户前一天的预订需要量与今日预计需要量之和来购买需要的生鲜食材,并经过拣

选分级、打包后按生产品种归集。把已有客户需要的产品订单打包好置于冷库储存,以方便第二天物流。从早上 6 点开始, HM 生鲜商城采用同类型别的车辆,尽可能地在客户规定的时间窗口内完成物流配送任务,但由于路段的复杂性,物流车辆在早上高峰期会遇到拥堵,无法按时将商品送达客户所需的地点,这不仅导致了客户的不满,也大大降低了客户对 HM 生鲜商城的满意度和回购效率。

2) 生鲜产品新鲜度低

HM 生鲜商城虽然会每天凌晨按照前一天客户的订单数量和今日的供应量来完成生鲜食材的生产,不过因为生鲜商品本身的易损性,储存环境相对苛刻的原因会随着储存的气温、相对湿度和持续时间的延长产生不同程度的影响,减少了生鲜商品的新鲜度。消费者使用时点或消费者使用地点与物流中心地点的时间不一样的情况使得部分生鲜商品由于贮存及配送期限太久而导致新鲜度降低至消费者预期的程度,导致消费者出现不满足情况,部分对生鲜产品及新鲜度要求较高的消费者,将会直接丢弃他们的信誉感,无法继续购物,这对于企业想要长远经营及收益是不利的。

3) 配送点数量多,导致配送路线规划复杂

HM 生鲜商城目前在 A 市每天有约一百的客户需求提供生鲜食品的物流业务,客户需求点覆盖整个 A,而且客户地域相对分散。同时消费者的时间节点与地理位置不统一和车内最大容积的限定,导致了进行车辆路线规划操作比较复杂,还容易发生用户出现取消订购或变更配送日期的不明确原因而必须进行规划路线。这样在保证车辆浪费使用的前提下,准时在消费者的日期窗前把最生鲜商品送入消费者手上,进行物流路线规划工作量复杂,也易错误。

4) 配送成本高

由于 HM 生鲜商城意愿目标是把全球最鲜活的食物带到每个消费者身上,所以对生鲜商品新奇度的需求较高,但由于生鲜商品新奇度和冷藏效率之间具有价值悖反原则,所以为了使得商品生鲜性高,就必须要提高冷藏效率。同时因为大中

城市间道路交通状况比较复杂,如果想要按时把生鲜商品运到消费者手上,很恐怕会产生为了避开最短时间内的拥堵道路,造成了配送运输时限的增长进而造成了整车运输成本增加。由于物流客户的需求地点分散且时间不一致,一辆车可以同时为多家客户提供物流服务,这样可以有效提高车辆的装载效率,并且可以减少固定人员物流配送的成本。

3.1.3 构建模型问题描述

根据 HM 生鲜商城在物流配送中出现的问题,将调查 HM 生鲜商城的 A 物流配送中心把生鲜商品运送到市区内和附近 N 个消费者需求地点中的具体情况。假定第 i 个需求节点的总需求量为 q ($i=1,2,N$),以 HM 生鲜企业每日物流的总造价最少为目标,并同样考察以 HM 企业生鲜物流提供的准时率和生鲜满意度均不高的情况为参照依据,建立以企业汽车使用成本、汽车物流交通成本、运送和卸货过程中的制冷成本、汽车物流流程中二氧化碳排放量成本、生鲜商品生鲜率和汽车物流不准时惩罚成本之和最少为目标的汽车物流路径规划模式。

随着城市道路的日益复杂化,本文将探讨先进先出型时变道路情况的问题,以更好地适应实际情况。由于各个时间段的路面状况是一致的,因此列车在完成相应服务后,不会停留太久,而是会迅速驶向下一个结点。随着时间的推移,货物路线问题变得越来越复杂。车辆从物流配送节点出发,经过各个顾客结点,最终回到物流仓库,而且这些结点之间以及物流中心与结点之间的路程都是可变的。

生鲜商品新鲜度在消费者的可承受的范畴之内,将会没有销售的价值,所以本篇重点是研究在生鲜商品生命周期中的物流配送能力优化问题。假定物流配送的数量有限,在物流配送中可利用的数量为 K ,其中车辆的整车载货能力均为 Q 。分析生鲜商品随着时间推移的新鲜度影响以及配送时窗的时间约束条件,并分阶段探讨二者在造成消费者不满足条件时的惩罚影响。结合汽车物流的造价,使得最终成本最小的汽车物流方案比较符合现实,具有现实意义。

3.2 模型假设及相关参数表示

3.2.1 问题假设

- 1) 一座城有一家物流配送企业,但可使用车型有限,统一设计的,但车载量相同。
- 2) 货物由配送中心发货,逐次完成物流工作后,才能退回至物流中心处理,并达到物流中心的工作时间。
- 3) 每个客户的订单无法拆分。表明单一商品需要用一辆车进行物流,但单一商品需求量不能超过卡车的装载量。
- 4) 一辆车只能同时配送多条顾客,而每条道路的需求量要低于汽车的最高重量。
- 5) 服务系统允许缺货,但如果缺货,客户将损失;
- 6) 将生鲜商品从贮藏至配送置于恒温下,不考虑高温对商品变质的影响,变质程度仅于时间有关;
- 7) 汽车配送流程的各个阶段的行车速率可假设为已知且在每个阶段是恒定的。

3.2.2 相关参数表示

N : 所代表的需求点集合, $N \in \{0, 1, 2, 3\}$, $n=0$: 所表示的生鲜电子商务物流与配送中心

K : 可使用车辆数量, $k = \{1, 2, n\}$

Q : 车辆的最大载货量, 常量

q_i : 需求点 i 需求的数量

v : 在汽车 k 的路线 (i,j) 中的主要道路 h 内行驶过的

cl : 单位距离的油耗成本,常量

cK : 车辆 k 的固定发车费用

ca : 配送单位距离制冷成本

c : 运输企业时间制冷效率 b : 物流企业距离碳排放成本

d_{ij} : 需求点 i 行驶到 j 之间的距离

f_1 : 顾客期望的生鲜商品新鲜度

F_1 : 消费者最低可承受的生鲜食物新鲜度,常量

f_i : 生鲜产品达到需求点 i 时实际的新鲜度

φ_1 : 对新鲜度降低期望的惩罚成本

φ_2 : 新鲜度超过期望的奖励成本

$[s_i, e_i]$: 顾客 i 要求配送服务时间窗

$[S_i, E_i]$: 顾客 i 最大容忍服务时间窗

st_i : 需求点 i 的卸货服务时间

θ_1 : 顾客对早于预定的时窗的单位惩罚成本

θ_2 : 顾客对晚于规定配送日期窗的单位惩罚成本

tk_0 : 车辆 k 从配送中心离开时间

t_{ki} : 车辆 k 到达需求点 i 的时间

β : 生鲜产品新鲜度敏感系数

Z_{ik} : 配送路线 k 上的订购量

M : 非常大的数

X_i : 0-1 决策变量,如果车辆 k 在同一路线(i,j) 上行驶时为一,否则为零

Y_i : 0-1 决策变量,当车辆 k 在需求点 k 服务时为一,否则为零

Z_k : 0-1 决策变量,使用车辆 k 时为 1,否则为 0

3.2.3 考虑时变交通情况下配送速度的规划

由于中国城市伴随车辆的增加,路面情况变得更加繁杂,在不同阶段的路面情况高度复杂性差异使得汽车行进情况往往也是同一时刻不同的情况下,这就对于实际处理的路面优化问题形成了很大的困难影响。所以,本文为有效的处理中国生鲜电子商务企业的物流配送流程中的路面优化问题,对繁杂的路面交通拥堵现象中加入了路面状态指标(Traffic State Index, TSI) 加以定量处理,将路面交通状况拥堵指标的取值区间为 0-100 范围内,且数字越大说明了路面交通状况就越拥堵。为更好的核算汽车行驶效率与总配送效率,有关地方交通部门已针对零-一百的速度指标,区分了畅通、比较顺畅、拥挤、堵塞这四大级别 (如表 3.1)。则车辆在道路行驶实时速度为 $v_c = v_f * (1 - \rho_{ij})$,其中 v 是路面拥挤状态的速度, c 为路面正常通行状态的速度,而 $\rho_{ij} = TSI/100$ 即拥堵系数

表 3.1 道路交通指数分布区间

道路交通指数分布区间			
等级	顺畅	较顺畅 拥挤	堵塞
指数区间	[0,30)	[30,50) [50,70)	[70,100]

研究 HM 生鲜商城在杭州城区研究发现, HM 生鲜商城在杭州城区内的汽车配送运行车速会根据道路交通指标的变化而有所不同。根据分析,在道路交通流畅的时间段,车辆行驶时速为 $v_f = 50km/h$,而在其他时间段,车辆行驶时速则会降低到 $v = v_f * (100 - N)\%$ 。本文旨在深入分析上午时间段,特别是早高峰时段,以

便更好地说明其交通状况。为此,我们将上午时间段划分为五个不同的时间域:6:00到7:00和9:00到11:00时间段,道路状况较为良好,拥堵系数为0,因此行车车速可达50km/h;7:00到8:00时间段,拥堵系数为45,因此行驶速度可达27.5km/h;8:00到9:00时间段,拥堵系数较低,因此行驶速度可达20km/h;11:00到12:00的时间段,道路拥堵系数达到了50,车辆行驶时速也达到了25km/h,如图3.2所示

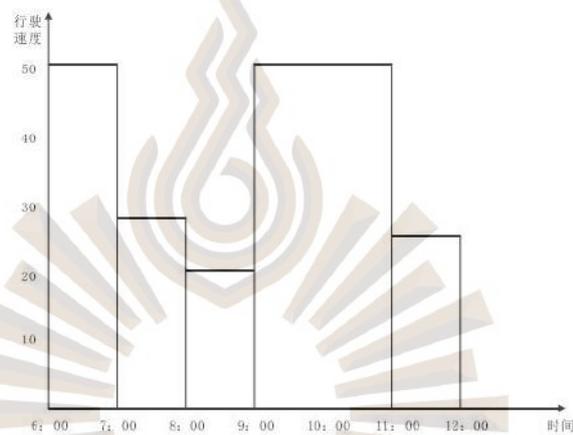


图 3.2 车辆行驶速度随时间段变化

因为每位客户的需求时窗的不同,因此使得车辆在物流配送中开出的时间也不一样,所以汽车在物流配送过程中也会发生跨时域和同时区域的二类情形的分配,跨时域分配表明汽车可以从需求点*i*到需求点*j*之间可以有二个甚至多种不同的行驶速度,而同时区域则表明汽车可以从需求点*i*到需求点*j*之间同一个的行驶时速。对于本文中这二类情形也将加以考察,并加入求解的程序中,以使结论更为适合于现实将两点之间的时刻间隔设定为*i*,当汽车在*t=t₀*时,*j*就是第*k*时刻的行车车速。具体的行驶时间,可以参考下面的说明。

1) 按照发车时刻,设定行车时速,然后推算抵达时刻*t*,其中 $t=t_0+d_{ij}/V_{ijk}$ 。

2) 检查*t*是否存在跨时间段的运输,如果*t*小于或等于 $t \leq t_{k+1}$,则说明*t*没有跨越时间段,这意味着计算得到的*t*是最终结果,因此可以结束计算。否则,将转向(3)步骤。

3) 由于跨时间段计算,则先对 $[tk, tk+1]$ 时间段内行驶的路程 d 进行计算,则 $d = d_{ij} - V_{ij}^k(t_{k+1} - t_0)$,剩下路程的车辆行驶速度为 v_{ijk+1} ,行驶时间为 $t_1 = d/V_{ij}^{k+1}$ 。则总行驶时间为 $t = t_{k+1} + d/V_{ij}^{k+1}$,结束计算,令 $k = k + 1$,回到步骤(2)。

3.3 问题建模

3.3.1 配送路径成本分析

本章将从汽车管理使用生产成本、物流配送运输成本、运送流程和装卸货流程中的制冷成本费用、生鲜商品新鲜度满意惩戒成本费用、模糊时窗满意惩罚成本费用这六大模块展开剖析,生鲜电子商务企业冷链运输物流配送中的所涉成本费用问题,最后以六大模块成本费用之和最小化为目标,建立在城市交通路网状况较复杂的情形下生鲜电子商务企业冷链运输物流及配送车辆路径优选模式。

1) 车辆使用成本

车辆单次使用成本包括车辆单次损耗折旧费用和人工费用的总和。

$$c_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k c_k * Z_k$$

(3.1)

2) 配送运输成本

假定需求地点所在的坐标距离也是应该知道的,但是在实际中路程并没有是直线状,但是为计算的方便可以假定路程是直线路径,并且以欧几里得的直线路径表示,定义 D_{ij} 为由 i 到 j 的直线路程,如式 3.2 所示。生鲜物流的总成本。

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

$$c_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k \sum_{t=0}^T c_l * d_{ij} * X_{ijk}$$

(3.2)

3) 制冷成本

生鲜产品如果想要良好的保持新鲜度,必须在整个物流流程中都必须通过冷藏车完成物流配送,而冷藏车服务将在生鲜物流中心开始,直至在最后的物流中心完成服务将会带来制冷成本。我们的生鲜商品,总冷却成本是由物流流程中冷却成本与卸货等生产流程的总冷却成本所组合而成,如下式 3.4 所示。

$$c_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k c_a * d_{ij} * Z_k + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^k y_{ik} * st_i * c_b \quad (3.4)$$

4) 碳排放成本

生鲜配送流程的自身油耗和冷却的影响,单位时间碳排放量成本高于无需冷藏食品配送的企业,冷链配送流程所涉及到的碳排放量,主要由汽车油品体积燃烧造成的,而汽车油品体积燃烧也和配送时间有关。我们在计配送过程中将以总工作时间碳排放量成本与运行路程的乘积计算总碳排放量成本,如式 3.5 所示。

$$c_4 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k \sum_{t=0}^T c_t * d_{ij} \quad (3.5)$$

5) 生鲜产品新鲜度惩罚成本

由于生鲜商品新鲜度水平随着时间推移也会发生程度的降低,因此根据第二章分析生鲜商品新鲜度水平随时间变化的函数为 $f(t) = 2 - e^{\beta t}$, $\beta > 0, 0 \leq t \leq \frac{\ln 2}{\beta}$, 这里的 β 为鲜活度衰退系数, β 值越大,就表示新鲜度衰退的速度更快。 $t=0$ 时, $f(t)=1$, 代表生鲜商品,由物流中心发出时生鲜的新鲜度为最佳。 $t = \frac{\ln 2}{\beta}$ 时代表生鲜的产品新鲜度的降低为零,也表示对生鲜食品来说没有任何使用意义。如图 3.3,说明了生鲜产品新鲜度和时间之间的关系。

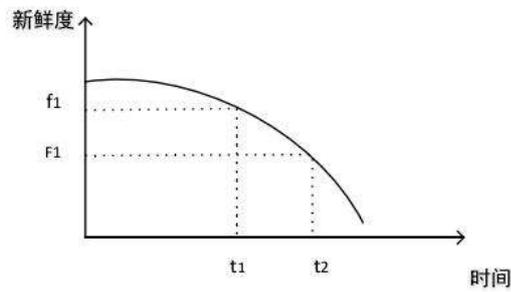


图 3.3 生鲜新鲜度随时间变化图

当物流配送汽车到达物流配送点时,根据生鲜商品更新度为 f ,假定消费者需求的最高生鲜商品更新度为 $i1$,则最低可接收的生鲜商品更新度约为 $f1$,所以若在物流配送汽车到达物流配送点时,生鲜商品更新度为 $F > f1$,则满足的消费者满意度约为百分之一百,并没有产生不满意情况;但如果在物流配送汽车到达物流配送点时,生鲜商品更新度 $i < f1$,则会有非常不满意情况,因为消费者很可能直接不认可商品和服务的质量;当物流人员到达物流配送中心后,若生鲜商品更新度 $F1 < f < i1$,则消费者会有不满意度,与商品的鲜活度成正相关关系。若消费者对生鲜商品新鲜度满意,如图 3.4 所表示。

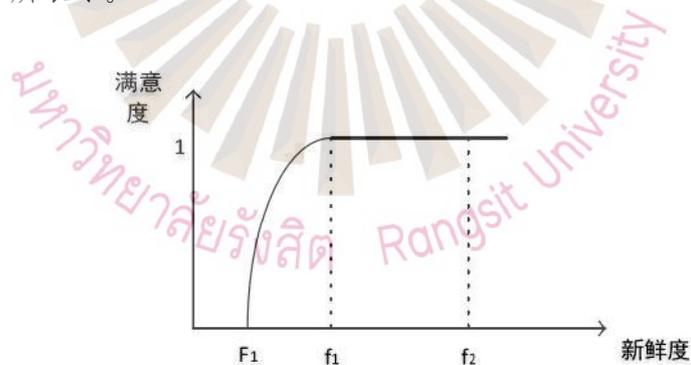


图 3.4 顾客对生鲜产品新鲜程度的满意度随时间变化图

由图 3.4 可以描述用户对鲜活商品的高期望值生鲜性,以及对最低可承受的鲜活度的高满意度,如果物流车抵达了用户的特定物流地点,则生鲜商品新奇度为 $f > i1$ 值,即符合了用户对生鲜商品新奇度的需求能力,对企业的品牌提高了好感度,也就会形成了一定的奖励成本费用,也因为用户的对鲜活商品的需求能力越高,每单位奖励成本费用 $f1$ 值就越大。若物流配送汽车当抵达顾客特定物流配送点,生

鲜商品新奇度 $F1 < f < i1$, 则会发生的惩戒降低成本, 此单位惩戒降低成本为 $f2$, 而若物流配送汽车当抵达顾客特定的物流配送点, 生鲜商品新奇度 $\varphi < f1$, 则将会发生的惩戒降低成本无限大, 在此处假定无限大为 M , 而本文中假定了顾客对鲜活商品不鲜活的憎恨程度为最大。所以将会发生一定的惩戒降低成本如图 3.5 所表示, 惩戒降低成本方程则如式 3.6 中所示。

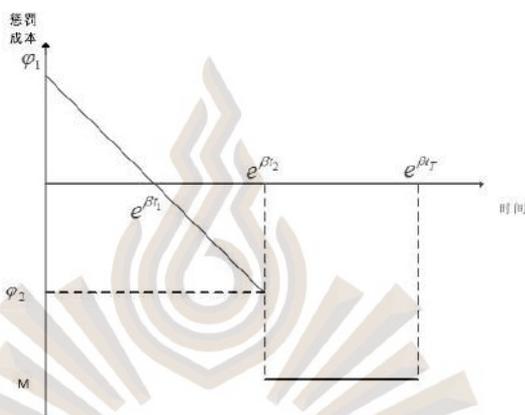


图 3.5 生鲜新鲜度惩罚成本

$$c_5 = \varphi_1 \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N \sum_{t=0}^{t_1} \max\{e^{\beta t_1} - e^{\beta t_i}, 0\} + \varphi_2 \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N \sum_{t=0}^{t_1} \max\{e^{\beta t_i} - e^{\beta t_1}, 0\} \quad (3.6)$$

6) 配送时间窗不按时惩罚成本

按照消费者对配送的容忍度可把时间窗问题分成三种。

第一类:硬时间窗,指的是在客户无法在预定时间内完成任务的情况下,将被视为失败。这种情况必须严格遵守时间限制,以确保客户能够按时完成任务。

第二类:软时间窗,即在可接受的时间范围内,配送方可以达到预期的目标,但也会面临相应的惩罚,以确保服务质量。

第三类:模糊的时间窗。指顾客能够在规定范围内,能够对早到和迟到的人预

约或指定时间的窗进行配送。

本章还将研究模糊时间窗的情形,假定消费者预订特定物流配送业务的时刻是 $[s_i, E_i]$,只要在预订特定物流服务时间窗内进行物流配送,则不会形成消费者不满意处罚成本费用。但是在现实的物流配送流程中,不合理的物流时间安排或是交通都可以使得汽车在与消费者约定的时刻以前或是以后送达,这就会大大降低消费者满意。设 S_i 代表消费者能接收的最早物流服务时刻, E_i 代表消费者能接收的最晚物流服务时刻,在 $[S_i, s_i]$ 或 $[e_i, E_i]$ 时限范畴内,消费者满意随和规定时限的差异增加而减少。当物流配送汽车在 $[S_i, e_i]$ 时限范畴之外才送达时,则消费者的不满易罚成本为 M 无穷大。顾客对物流时间满足函数,如图 3.6 所表示。

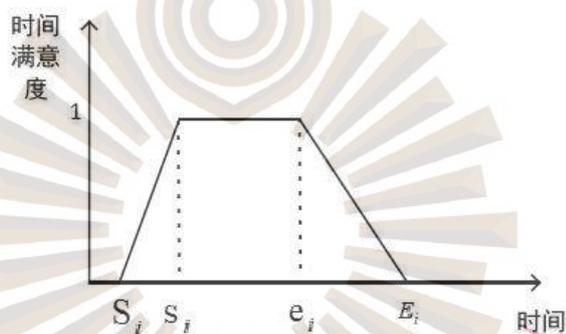


图 3.6 时间满意度函数和配送时间函数图

因为消费者对配送服务窗早到和迟到都可能出现不理解的情况,影响生鲜电子商务企业的声誉,所以对早到和迟到都有处罚因素,因为我们认为消费者对早到的讨厌情况比迟到的讨厌情况更高,所以早到的单元时限处罚成本费用 θ_1 低于迟到的单元时限处罚成本费用 θ_2 ,所以物流服务不准时的时间处罚成本费用就如式 3.8 所示。

$$c_6 = \begin{cases} M, t_i < s_i, t_i > E_i \\ \theta_1(s_i - t_i), s_i < t_i < s_i \\ \theta_2(t_i - e_i), e_i < t_i < E_i \\ 0, s_i < t_i < e_i \end{cases}$$

(3.7)

简化为

$$c_6 = \theta_1 \sum_{K=1}^K \sum_{i=0}^N \max\{s_i - t_i, 0\} + \theta_1 \sum_{K=1}^K \sum_{i=0}^N \max\{t_i - e_i, 0\} \quad (3.8)$$

3.3.2 配送路径模型构建

通过对相关成本进行分析后得到生鲜冷链物流总配送成本的模型如式 3.9 所示。

$$\begin{aligned} \text{MinZ} = & \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^k c_k * Z_k + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k \sum_{t=0}^T c_l * d_{ij} * X_{ijk} \\ & + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k c_a * d_{ij} * Z_k + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^k y_{ik} * st_i * c_b + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^k \sum_{t=0}^T c_t * d_{ij} \\ & + \varphi_1 \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N \sum_{t=0}^{t_1} \max\{e^{\beta t_1} - e^{\beta t_i}, 0\} \\ & + \varphi_2 \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N \sum_{t=0}^{t_1} \max\{e^{\beta t_i} - e^{\beta t_1}, 0\} \\ & + \theta_1 \sum_{K=1}^K \sum_{i=0}^N \max\{s_i - t_i, 0\} + \theta_1 \sum_{K=1}^K \sum_{i=0}^N \max\{t_i - e_i, 0\} \end{aligned} \quad (3.9)$$

约束条件如下:

$$0 \leq \sum_{i=1}^N Z_i^k \leq Q, i = 1, 2, \dots, N + 1, k = 1, 2, \dots, k \quad (3.10)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N x_{ijk} = 1, i = 1, 2, \dots, N \quad (3.11)$$

$$\sum_{k=1}^K y_{ok} = K, \sum_{i=1}^N x_{io k} = 1, i = 1, 2, \dots, N, k = 1, 2, \dots, k \quad (3.12)$$

$$w_1 = \begin{cases} \varphi_1(e^{\beta t_1} - e^{\beta t_i}), 0 \leq t_i \leq t_1 \\ \varphi_2(e^{\beta t_i} - e^{\beta t_1}), t_1 \leq t_i \leq t_2, i = 1, 2, \dots, N \\ M, t_1 \leq t_i \leq t_T \end{cases} \quad (3.13)$$

$$w_1 = \begin{cases} M, t_i < s_i, t_i > E_i \\ \theta_1(s_i - t_i), S_i < t_i < s_i, i = 1, 2, \dots, N \\ \theta_2(t_i - e_i), e_i < t_i < E_i \\ 0, s_i < t_i < e_i \end{cases} \quad (3.14)$$

$$t_{jk} = \left(t_{ki} + g + \frac{d_{ij}}{V} \right) * x_{ijk}, i = 1, 2, \dots, N + 1, k = 1, 2, \dots, N + 1 \quad (3.15)$$

$$t_{jk} \leq wt, j = 1, 2, \dots, N \quad (3.16)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ijk} = y_{ik}, \sum_{i=1}^N x_{ijk} = y_{ik}, i, j \in (1, 2, \dots, N), k = 1, 2, \dots, K \quad (3.17)$$

式(3.9) 表明总配送成本最小。式(3.10) 表明在车辆 k 为客户物流配送数量不超过汽车的最高装货量。式(3.11) 表明同一个时段,仅有一台汽车为其客户所在道路提供服务。式(3.12) 表明汽车从物流配送管理中心开出,逐次执行物流配送各项任务后,再返还到物流配送管理中心处。式(3.13) 表明客户对运送的生鲜商品新鲜度的满意处罚成本。式(3.14) 表明为客户指派的物流配送业务时窗处罚费用成本。式(3.15) 表明抵达下一次需求点 j 的时刻为抵达上一次需要点 i 时刻 t_{ki} , 为需要点 i 卸货的时刻 s_{ti} , 从需要点 i 运行到需求点 j 的所需时刻之和。式(3.16) 表明汽车每天工作的极限。式(3.17) 表明如果某个消费者有一辆车为其配送工作,则需要不分

割。

3.4 本章小结

本文将首先介绍 HM 的生鲜商城背景分析结果和目前在生鲜物流配送流程中出现的具体问题,然后根据出现的实际情况给出相应的假设并给出建模设计的具体参数。再通过考虑常见的冷链物流的配送路线优化问题的模型构建,并采用了带模糊时窗函数的生鲜商品新鲜度随时间变动的方法为保证用户满意的约束条件,并考虑各个时间段的汽车运行效率会随着路面状况而发生变化,最后利用不同节点之间的路程距离来表现随时间变动的交通网络情况,在物流配送中通过构建一个模式,我们可以优化冷链物流的配送路线,并使用模糊时窗函数来模拟商品新鲜度随时间变化的情况。我们还考虑了汽车在不同时间段内的运行效率,并利用不同节点之间的路程距离来表示交通网络的变化。最终,我们在 HM 生鲜商城中心的正常汽车运行时段下,建立了一个时变交通下的冷链物流分配车辆路径问题模式,以保证用户满意。通过对模型中的各个条件的详细说明,我们可以有效地解决生鲜电子商务物流与配送的路径问题,从而最大限度地减少总物流成本。这也为下一章节的研究打下了扎实的根基。

第 4 章

HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化算法设计

4.1 算法选择分析

将对第 2 章中的车辆路径难题及解决方法简介条件加以比较分析,并提出各方法的特点及其适用范围,具体如表 4.1 所给出。

表 4.1 车路径问题求解算法对比

算法	优点	缺点	适用范围	
分支定界法	均可求解 最优解	计算量大,	小规模	
精确算法	平均速度	存储空间大	VRP 问题	
割平面法	快			
动态规划法				
传统启发式算法	节约里程法 两阶段算法	简单、 容易执行	求解结果 不精确	中小规模 的 VRP 问题
遗传算法	鲁棒性好 搜索	易早熟,计算	大规模复杂	
	较为灵活	时间较长	VRP 问题	
禁忌搜索算法	全局搜索	对初始解有强	大规模	
智能启发式 优化算法	能力好	依赖性	VRP 问题	

表 4.1 车路径问题求解算法对比(续)

模拟退火算法	计算简单; 不易 局部最优 解情况	依赖温度冷 速率的影响	小规模 VRP 问题
蚁群算法	易并行实 现,鲁棒 性强,搜索 灵活	收敛速度慢, 易出现停滞	多目标的大规 模 VPR 问题
粒子群算法	收敛较快 、全局 搜索能力 好	易早熟、陷入 局部最优	大规模 VRP 问题

本文所深入研究的生鲜冷冻链物流配送车辆路径优化提问,将从汽车主要数量、客户确定的时限窗、生鲜商品新鲜度等约束条件,可以解决的问题相对繁杂,且客户要求点也较多,通过对上述所提到的不同方法的优势和缺陷,对比计算可以得出,智能启发式算法对于解决复杂大型的车辆路径优化问题比较高效,而且遗传算法能够比较敏捷的处理简单繁杂的车辆路径优化提问,缺陷是易产生早熟现象,不过遗传算法能够很灵活的和其他方法融合,可以更好的克服早熟型的缺陷,所以我们将通过遗传性算法实现的生鲜冷冻链物流配送车辆路径优化提问解决。

4.2 遗传算法介绍

遗传算法(Genetic Algorithm,GA) 最初是由美籍的科学家 John Holland 所发明,是模仿人类天然进化的全局搜索算法。根据进化论,人们采用筛选、交叉和变异的动作来进行自然选择机制,从而选取具有高度适合性的后代作为欧洲国家冠军联赛种群的进化。最后经过多代的筛选、交叉和变异工作,最后得出了最优解的筛选结果[91]。

4.2.1 遗传算法的主要步骤

1) 本文提出的遗传算法采用了整数编号的方法,以 $1-n$ 的形式表示 N 家需要提供生鲜配送的大型超市。为了解决生鲜分配中的问题,在编号和解码时,将零作为分隔符,嵌入到染色体序列中,以实现子路线的切分节奏,切分后的子路线上的与两个“0”分开的片段就代表了车辆的分配序列。因此,遗传算法中的编码方法可以分为两类:第一类包含分配中心,即分隔符零;而第二类则没有分配中心,也就是说,它们没有分隔符零。

假设有八家公司在做物流配送,不含物流配送中的第一种编码方式就是 $1,2,3,4,5,6,7,8$;含配送中心的第二种编码方式是 $0,1,2,3,0,4,5,6,0,7,8,0$ 。两种编码方式之间的转换,第一种编码方式为随机产生的,可以生成 $1-N$ 的模式,而第二种编码方式则是在前一种编码方式的基础上,根据模型的载重和条件进行分隔符零的路径分配而得到,对产生的不符合条件的含分隔符零的解序列加上了很大的惩罚作用,使得其效率很高,进而可以在一定概率上确定该解无法被选择并进入到下一代,从而减少了种群内的不可能解。第二种编号形式是 $0,1,2,3,0,4,5,6,0,7,8,0$,这意味着如果使用三辆车完成物流配送,就有三条路可以走,按照第一辆汽车的分配顺序,从物流配送服务管理中心开始,经过 1 号、2 号、3 号客户,然后回到物流配送服务管理中心 0。第二辆车的物流配送次序是从物流配送服务中心发车,经过 4 号、5 号、6 号客户,最后回到 0 号客户处。第三辆车的物流配送次序是从物流配送服务中心发车,经过 7 号和 8 号顾客回来的地方,最终到达 0。通过确定一辆车的运行路线,可以计算出货物的载重量、运行时间和行驶间隔,从而估算出物流配送的成本费用,这些成本费用包括货物的时限费用、货物油耗费用、包装和卸货时等待的制冷费用以及其他相关费用。通过计算各辆车的总成本,我们可以得出完成所有客户配送任务的总成本。这些成本包括二氧化碳排放量、生鲜食品新鲜度影响的惩罚成本以及模糊时窗等因素。

编码模型一和编码方法二的解序列之间能够互相转换,把第二种编码模型的序列中的分隔符零给去掉就能够得出第一种编码模型的序列,在一种编码模型中再根据模型的约束插入分隔符零,即可得出第二种编码模型的序列。两种方式转化,

如图 4.1 所显示:

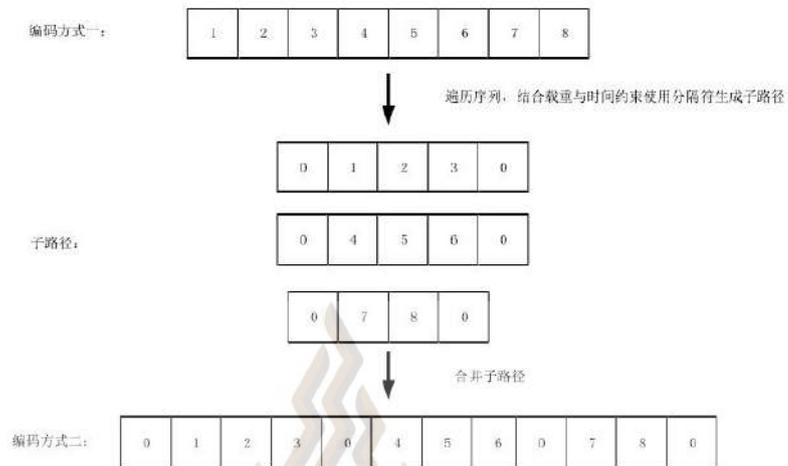


图 4.1 编码方式转化图

2) 种群初始化

族群是一种复杂的编码结构,它由许多个人组成,每个其他人都可以被解码成一个个解集。初始族群是遗传算法的基础,因此它的质量会直接影响到计算的效果。此外,群体规模也会影响搜索范围,从而导致计算执行时间的变化,随着规模的增大,执行时间也会相应增加。本文将通过随机抽样的方式获得 N 个原生群体,其中不包括分配中心代码类型。例如,如果有八个客户需要完成分配,我们将使用图 4.2 来展示这些原生群体。

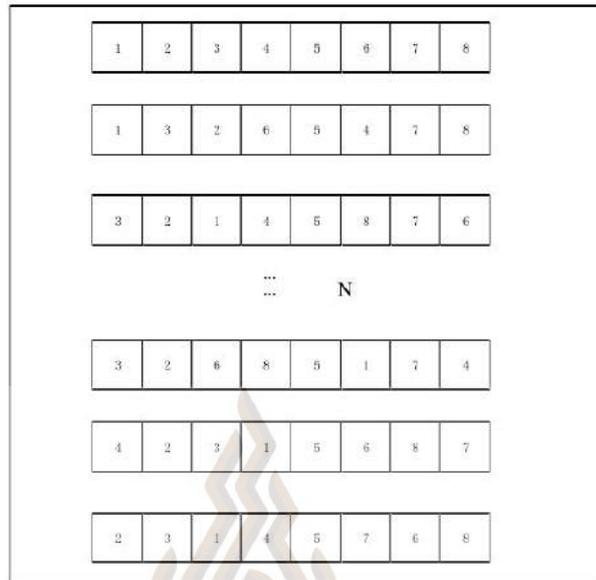


图 4.2 初始种群生成图

3) 适应度函数

遗传算法是用适合度值来反映数量和染色体水平的高低,与染色体组型相关的路线设计的成本越低,该路线设计中相应的解的适合度值也越大。我们建模的目标函数为降低车辆路径方案设计中的生鲜商城冷藏链的平均物流成本。所以,在论文中采取的计算将目标函数的倒数作为适应度函数,成本越低,解的适合度值也越大。

4) 选择算子

本文选择轮盘赌法,轮盘赌选择算子思路如下:

第一步:在适应度函数中加入种群个体进行计算,计算各个体适应度值 f_i 和种群总适应度值 F 。

第二步:计算种群中每个体被选择的概率,计算公式如下。

$$p_i = \frac{f_i}{F}$$

第三步:计算选择累计概率,组成轮盘,计算公式如下。

$$P_i = \sum_{j=1}^i p_j$$

第四步:首先生成在零与一之间的随机数 n ,当 $n < P_1$ 时,编号为一的个体将被确定;当 $P_1 < n < P_i$ 时,编号为 i 的个体将被确定。

第五步:依次将种群数量进行轮盘赌的选择,并产生新群体。

5) 交叉算子

交叉算子在遗传算法上能够增加计算机的全局搜索功能。我们采用的交叉算子以随意地产生 A,B 一对着染体的(父代) 基因顺序为例。

第一步:从 A 和 B 父代中随机抽取几个基因,并将它们的起止位置作为互换基因的依据,如图 A 染色体中"6785"四个基因,B 染色体中"8975"四个基因。

第二步:将 A 和 B 染色体上随机产生的一组基因按照交换顺序放置在下一条染色体的最前面,即 A 染色体上的"6785"四个基因放在 B 染色体前面,而 B 染色体上的"8975"四个基因放在 A 染色体前面,从而形成一个新的染色体。

第三步:从左到右对新获得的染色体进行序列检查,去除重叠的基因,最终得到互换后的两条新基因,如图 4.3 所示。

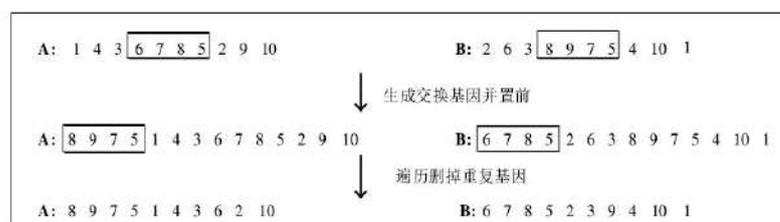


图 4.3 交叉算子过程示意图

6) 变异算子

假设在一个二进制编码 $[0,1]$ 中产生随机数 r ,当 $r < m$ 时,0会变成1,而1会变成零。为了实现这一目标,本文采用 swap 算子作为突变算子,从群体中随机抽取一个个体,并从中选取两种基因位点,使其互换,从而得到新的个体,如图 4.4 所示。

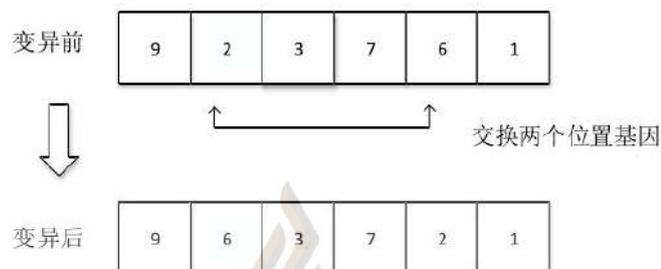


图 4.4 变异操作过程示意图

7) 设定终止条件

本文计算使用的终止时间为设定的最大值演进几何,当迭代时间超过了最大值演进几何的时间计算就停止了执行。

根据以上的描述,可以总结出在遗传算法中的步骤包括:

Step 1:编码与解码。首先利用参数编码,使解序结果列表到遗传空间;然后用编码把处理过的遗传空间表达到解序。

Step 2:确定算法参数。定义了适应性指数,即种群规模、交叉和突变的可能性以及最大终止时间。

Step 3:种群初始化。应随机得到总量适当的初始解,总量也不可太小或太大。

Step 4:计算个体适应力。按照对个体适应的目标函数值估计个人的适宜程度,将适应作用较强的基因继承给后代。

Step 5:通过选择、交叉和变异的方式运作,迭代地形成出新的子代。

Step 6:重复步骤四和五,直至符合终止要求并且进化停止。

4.2.2 遗传算法局限性

遗传算法能够透过模仿自然发展历史寻找最佳解,涵盖面大,鲁棒性也相当好,且全局检索能力强,但程序实施上比较复杂。同时在实际使用遗传算法处理复杂问题的进程中,在顾客需求点较多的情形下就会特别易于产生早熟的情形。所以就必须综合一些计算来加以完善,使得到解的质量更佳。

4.3 变邻域搜索改进遗传算法

4.3.1 变邻域搜索算法基本原理

变邻域 Mladenovi 和 Hansen 指出的变邻域搜索算法(vns) 是一项有效的局部搜索技术,它通过改变邻域结构来提升搜索效率,同时也可以防止人们过早地进入局部最优解。为此,我们可以根据遗传算法与改变邻域搜索算法的优势,通过采用不同邻域的改进遗传算法(VNS-GA) 来解决问题。而针对每一代群体,VNS-GA 首先把通过 GA 方法得到的最优值视为 VNS 的初始值,进而利用不同的邻域结构实现局部搜寻功能。与一般的 GA 方法比较,它拥有更佳的全局和部分搜寻功能。

种群中每一批的最优预测解相应的分配方法都包括了可用的分配路径信息,对群体中当前代下最优预测解的邻域结构进行搜寻,可以有更大的机会跳出局部最优预测解。VNS 搜索利用在当前群体中最优预测解的不同邻域结构内进行邻域搜寻,来增加了对群体中的最优预测解来进行更新的机会,从而进一步提高当前解的品质。我们从经过改进的遗传性计算中引入的,VNS 的主要思路为:从遗传性计算的每一批中,利用在当前代下的最优预测解的三种不同邻域结构来对当前解来进行邻域搜寻,一旦在解的相同邻域结构内搜寻到了品质更高的当前解,即可对群体的最优预测解进行更新。变邻域检索确保了计算有更大的机会跳出早熟现象,从而克服了遗传计算的局部检索力量不够的优缺点。

4.3.2 邻域结构

邻域架构也是 VNS 的核心内容,通过应用扰动机制能够更有效规避了局部问题最优求解的情形,所以高效的邻域架构既能够提高计算的全局性,也能够提升计

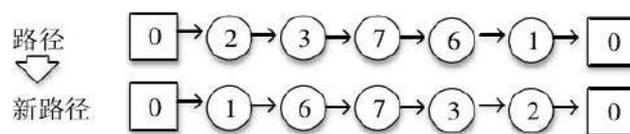
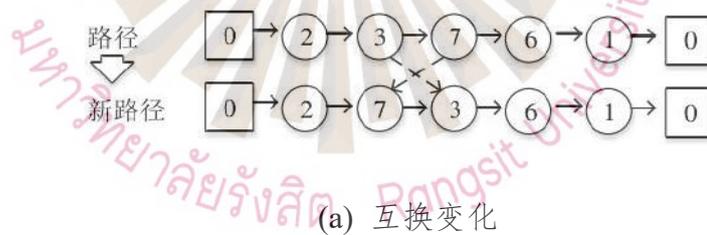
算搜索有效性。参考了先前的研究,本文选择了三种路径邻域结构。

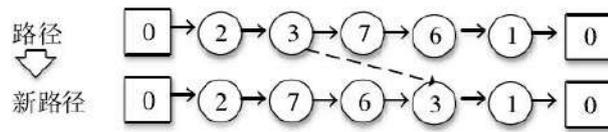
1) 互换变化。从已编码基因上随机选取两种需求点交换定位,并把两种位点上的遗传加以交换。比如下图(a),编码形式就是"0237610",随机选择三和七这二个定位,并互换遗传,即可得出新的路径为"0273610"。

2) 逆序变化。随机选取了二个不相邻的点,将这二个不相邻的要求点位加以转换,然后对于当中的任何要求点逆序,比如下图(b),途径为"0237610",随即生成二个要求点定位为二和一,将其和并且所以要求点逆序即可得出新的途径为"0167320"。

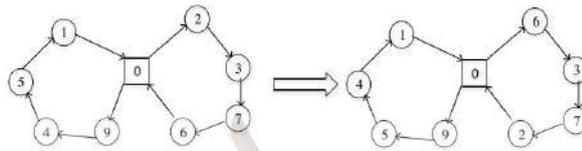
3) 插入变化。在生成两个需求点之后,将其中任何一个从当前位置中剔除,然后随机插入"0237610"路线的另一个位置,如图(c)所示,将其插入"0276310"路线,即可生成新的路径。

4) 多路径变化。随机选取了二条路线,再进行对上述的三个邻域结构进行随机变换而产生出新的路线结构,如图(d)所示。





(c) 插入变化



(d) 多路径变化

图 4.5 领域结构示意图

4.3.3 变邻域改进遗传算法求解流程

本文中使用的 VNS 计算的时间设定为 VNS 搜寻的时间,在搜寻时间允许情况下连续在解的三个邻域结构内进行搜寻,以确定每一个邻域结构中如何更新当前代最优预测解的能力,假设在最优预测解的某邻域结构中发现有更优解,那么对最优预测解进行更新,并对更新的最优预测解进行邻域变换,从对其邻域的搜索中确定是否更新最优预测解,变邻域搜索算法直至得到 VNS 的最佳搜寻时间。

论文中计算使用的截止要求为假设一个进化论代数,当迭代次数超过了这种最高进化论代数时计算停止执行。

通过以上说明,可以总结为变邻域搜索改进遗传算法的求解过程如下:

Step 1:编码与解码。利用参数代码处解序列到基因空间;再应用解码把处理好的基因空表达到解序;

Step 2:设置算法参数。定义了适应度函数,包含种群规模、最大交叉概率、突变概率及其最大中断次数;

Step 3:种群初始化。随机得到了相应种类的初始解,数量种类应适当,以保持个

体的生物多样性;

Step 4:计算个体适应力。按照个人所相应的目标函数值统计适合度高低,并采取轮盘赌法选一个适合度最高的人,并延续至下一代人;

Step 5:针对每一个已确定的个体,对序列执行概率上的交叉、变异等运算,并继续执行迭代以优化子集;

Step 6: 在区域构造中寻找当前生成的较优解,以确定邻域的最佳解。如果邻域中的最优解比当前的最佳预测解更优,则将其替换为当前的最佳预测解。否则,持续搜寻,直到邻域中没有比当前解更优的解存在,即当前解的品质最好,才终止搜寻;

Step 7:再回到原步骤 **Step 4**,直至达到终止状态后停止进行。

4.4 本章小结

本文旨在探讨第三章中提出的生鲜电商冷链物流车辆路线优化问题,并对现有方法予以比较分析。为了解决这一实际问题,我们建立了一个数学模型,并使用遗传算法来进一步优化配送道路。因此通过介绍遗传算法基本原理中的一般方法加以说明,但是遗传算法所求解的结果中往往存在着一些最优的解问题,所以介绍变邻域搜索算法基本的过程,就是对遗传算法所求得的一批结果的位置实行邻域查找,看如何寻找最优解,从而使求解的结果更好,并总结出了改变邻域的优化遗传算法基本过程。

第 5 章

HM 生鲜商城冷链配送车辆路径优化案例结果分析

5.1 案例理论论述

1) 国外研究人员着重于利用新鲜食物易腐性和及时的特点,进行更有效的周期计划,来提升顾客满意。而国内研究人员则更多地关注企业层次上的冷链物流发展策略,大多数研究都以单物流配送核心为背景,而多物流配送核心路径优化方面的研究相对较少。本文研究结果表明,在时变交通情况下,影响生鲜商品新鲜度和时窗的生鲜冷链物流决策分配,可以有效地应用于生鲜电子商务公司或汽车物流配送中,从而提高效率和降低成本。为了解决生鲜电子商务冷链物流快递配送路径优化的问题,我们提出了一系列有效的策略和建议;

2) 国内外研究人员在车辆路径问题研究领域获得了丰硕的成果,他们不仅关注建模和计算,而且还着眼于低碳要求,结合能耗、碳排放等因素,深入探索路径优化的可行性。尽管大多数路径优化研究都集中在常温物流上,但本文的研究成果却能够更好地解决当前复杂的交通运输环境下汽车行驶速率变化的问题,特别是针对冷链物流的研究,更是获得了显著的成果。的研究成果探讨了汽车行驶速率中由于各阶段的交通状况不同,汽车行驶速率时刻变化不同的现象,较为适合在当前交通运输复杂场景下的研究解决了汽车路径难题。指出了生鲜的物流工作的困难与要点,同时也指出了可行性与现实意义;

3) 研究人员在低碳物流问题的模型中,越来越多地采用蚁群算法来解决,而遗传算法则相对较少。为了提高遗传算法的性能,我们给出了一个新的改进方法,即采用变邻域搜索,将其与量子思想相结合,以此来改善遗传算法的性能,并应用于文中案例的求解,进一步增强了算法的性能。

所以,文中参考已有的研究成果,关联冷链物流路径优化以及变邻域搜索改

进遗传算本文旨在通过结合冷链物流特征和车辆路径优化算法,对 HM 生鲜商城的生鲜物流配送中心企业以及同行业的冷链物流配送路径优化进行深入研究,并将其应用于实证分析,以期为相关企业提供参考。为此,本文参考了已有的研究成果,并结合变邻域搜索改进遗传算法,以期达到更好的优化效果。方面结合车辆路径优化算法,并将其引入到配送路径优化目标里,做出实证分析,给本文研究的 HM 生鲜商城的生鲜物流配送中心企业以及同行业的冷链物流配送路径优化发展方面提供相应的参考。

5.2 案例调研数据

根据 A 市 HM 生鲜商城的城区配送情况以及客户要求结点的历史记录,我们可以生成不同客户要求结点的物流需求,且每个客户的需求量都不会超过核定载重量,同时,我们还将最大物流时间窗限制在上午 6:00 到中午 12:00 之间。

随机选取物流配送中心周边的二十个消费者需求点,为方便统计消费者节点间的位置间距,生鲜电子商务物流配送中心的消费者点形成横纵(x,y) 坐标点位置如图 5.1 显示。

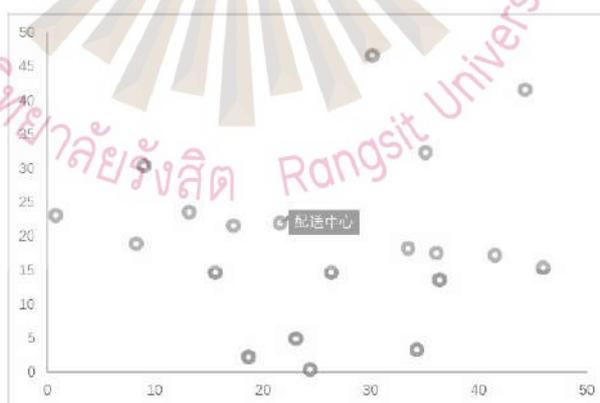


图 5.1 生鲜配送中心和 20 个周边顾客需求点坐标位置

综合整理的坐标图和各个顾客的需求量和时间窗等,客户物流节点的有关情况在图 5.1 中显示,客户物流节点的编号在 1-20 显示,以及生鲜商城物流节点中编号为零的节点。

表 5.1 20 个顾客需求信息表

序号	X坐标 /km	Y坐标 /km	需求量 /kg	最早 时间	最晚 时间	服务时 间
0	21.5	22	0	-	-	-
1	26.3	14.7	25	8:00	9:00	0.25
2	30.1	46.7	43	11:00	12:00	0.25
3	36	17.6	25	9:00	10:00	0.25
4	23	5	40	6:00	7:00	0.3
5	33.4	18.3	47	10:00	11:00	0.25

为了保证算法在对大规模配送应用时的存在适应性,生鲜商城配送中心将多至四十个位置进行分为了确保算法能够有效地应对大规模配送需求,生鲜商城配送中心将会分配多达 40 个位置,并且将顾客的位置按照横向和纵向坐标点的形式进行排列,如图 5.2 所示。



图 5.2 生鲜配送中心和 40 个周边顾客需求点坐标位置

表 5.2 40 个顾客需求信息表

序 号	X坐标 /km	Y坐标 /km	需求量 /kg	最早 时间	最晚 时间	服务时间 /h
0	21.5	22	0	-	-	-
1	26.3	14.7	25	8:00	9:00	0.25
2	30.1	46.7	43	11:00	12:00	0.25

表 5.2 40 个顾客需求信息表(续)

3	36	17.6	25	9:00	10:00	0.25
4	23	5	40	6:00	7:00	0.3
5	33.4	18.3	47	10:00	11:00	0.25
6	44.2	41.7	38	8:00	9:00	0.25
7	8.2	19	24	10:00	11:00	0.3
8	36.3	13.7	45	9:00	10:00	0.25
9	15.5	14.7	34	7:00	8:00	0.25
10	35	32.4	30	8:00	9:00	0.3
11	8.9	30.4	31	7:00	8:00	0.25
12	24.3	0.4	39	10:00	11:00	0.3
13	45.9	15.4	24	9:00	10:00	0.25
14	17.2	21.6	32	7:00	8:00	0.25
15	18.6	2.3	41	10:00	11:00	0.25
16	41.4	17.2	38	11:00	12:00	0.3
17	0.7	23.1	20	10:00	11:00	0.25
18	13.1	23.6	28	9:00	10:00	0.4
19	34.2	3.3	50	8:00	9:00	0.3
20	8.8	17.2	25	8:00	9:00	0.3
21	13.8	33.6	17	10:00	11:00	0.25
22	14.5	21	32	6:00	7:00	0.25
23	21.3	2.7	47	7:00	8:00	0.25
24	16.4	41.1	36	9:00	10:00	0.3
25	21.9	11.7	17	9:00	10:00	0.25
26	39.1	3.6	39	11:00	12:00	0.25
27	39.5	38.4	18	10:00	11:00	0.3
28	43.1	14.8	40	10:00	11:00	0.25
29	21.3	7.5	16	7:00	8:00	0.25
30	28.4	15.1	47	7:00	8:00	0.3
31	18.9	3.4	21	7:00	8:00	0.25

表 5.2 40 个顾客需求信息表(续)

32	21.3	0.41	34	10:00	11:00	0.3
33	42.9	12.4	14	9:00	10:00	0.25
34	15.2	22.6	36	7:00	8:00	0.25
35	12.6	22.3	42	10:00	11:00	0.25
36	22.4	11.2	32	11:00	12:00	0.3
37	0.2	13.1	26	10:00	11:00	0.25
38	15.1	23.3	12	9:00	10:00	0.4
39	34.2	2.3	20	8:00	9:00	0.3
40	8.8	14.2	24	8:00	9:00	0.3

5.3 相关参数设置

根据在时变交通状况下, HM 生鲜商城冷链的物流配送能力设计模式, 完成了参数设置。鉴于生鲜商品随着时间推移会出现品质变化的特点, 我们将选择冷冻车实施物流配送, 假定该车的最高载重量为 $Q=300\text{kg}$, 但鉴于城市的复杂度, 可能由于城市早晚高峰期的特定现象, 该车与城市的平均行驶车速并不能够一致。因此, 我们的车辆运行时速也将由于城市不同时期的道路的拥堵系数变化, 假定物流车于每日早上 6 带点出发, 对每个客户点的服务时限均为三十分。如果货物送达日期大于消费者预期时窗将发生无限大的惩罚成本 M , 配送生鲜食品不能超过消费者的可承受的新鲜度惩罚的潜力无限 M 。模型中各系数的平均值以及计算的各参数表分别如表 5.3、5.4 给出。

表 5.3 模型相关参数表

相关参数	定义	数值
cK	单次车辆使用固定成本	100 元/次
ca	配送过程中单位距离的制冷成本	0.02 元/km
cb	装卸时单位时间内产生的制冷成本	0.04 元/min
cv	单位距离油耗成本	1.4 元/km
ct	单位距离碳排放成本	0.02 元/km

表 5.3 模型相关参数表(续)

θ_1	车辆早于时间窗惩罚成本	0.5 元/min
θ_2	车辆晚于时间窗惩罚成本	1 元/min
φ_1	新鲜度不能达到顾客期望的惩罚成本	500 元
φ_2	新鲜度超过顾客期望的奖励成本	500 元

表 5.4 算法相关参数表

相关参数	定义	数值
N	种群规模	50
G	进化代数	200
P_c	交叉概率	0.8
P_m	变异概率	0.1
Z	变邻域搜索次数	10

5.4 算法求解结果对比分析

根据 HM 生鲜商城的流程中实际出现的情况,以及 A 区域的客户数量情况和需求量状况,完成车辆路径的问题解决。分别对照周边二十个和四十个用户物流站点的数据,利用现场调查中获取的数据资料,使用传统遗传算法和改良后的遗传算法对生鲜商品冷链物流的路径问题的平均造价模型进行计算,最后对的方法与改良的方法所设计出的最优预测路线的成本结果加以对比。

本研究采用了 matlab R2018a 仿真程序,在八点零 GB 的内存以及 64 位 Window10 的中文版本操作系统的 thinkpad e440 计算机系统下完成了研究。通过 HM 生鲜商城对传统超市中的消费者所使用的调研资料进行优化分析,能够更清晰的发现经优化后的遗传算法,更具备可行性与有效性。

根据图 5.1,图 5.2 中的不同位置的物流地理位置坐标图可以在 Matlab 环境上加以计算,0 是生鲜配送服务中心,因为配送人员应该先从物流中心开始,在完成物流配送以后就应该回归到物流中心。采用传统遗传算法与改良后的遗传算法,经过了十多次仿真运算以后得出的最低成本,最大成本,平均成本,最大运行成本,最短

运行成本,以及平均运行费用如下表 5.5 给出。

表 5.5 算法结果对比表

算法	超市 个数	最低 成本	最高 成本	平均 成本	最长执 行时间	最短执 行时间	平均执 行时间
遗传 算法	20	1112.6	1445.82	1275.16	52.25s	49.34s	50.77s
改进遗 传算法	20	972.3778	1206.25	1097.54	63.29s	58.74s	60.24s
遗传 算法	40	2001.5	2543.94	2215.37	98.79s	92.46s	95.54s
改进遗 传算法	40	1878.3	2120.14	2023.89	123.56s	114.73s	117.93s

通过表 5.3,我们可以发现从原来二十个客户需求点扩大到了四十个客户需求点,算法运行也是完全可行的,能够适用于多客户节点的生鲜产品和路径选择问题等。而改良后的遗传算法的运行周期也比原来延长了一些,但分配的费用却大大降低,表明了针对变邻域的遗传算法已经极大改善了初始解的效率。下面将从遗传算法的变邻域改进之后,遗传算法可以求解的最优预测的路径图、迭代曲线,以及具体算法结果等加以详尽介绍。两种算法的最优解径图在图 5.3,5.4 中给出。

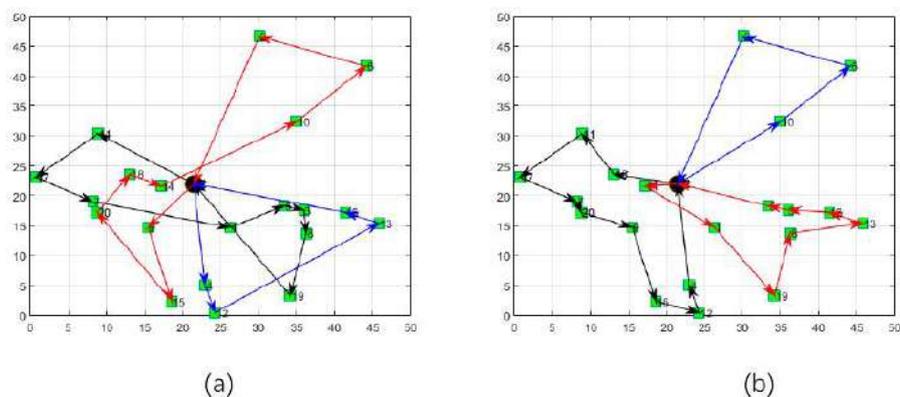


图 5.3 (a):遗传算法,(b):变邻域遗传算法的最优路径图——20 个需求点

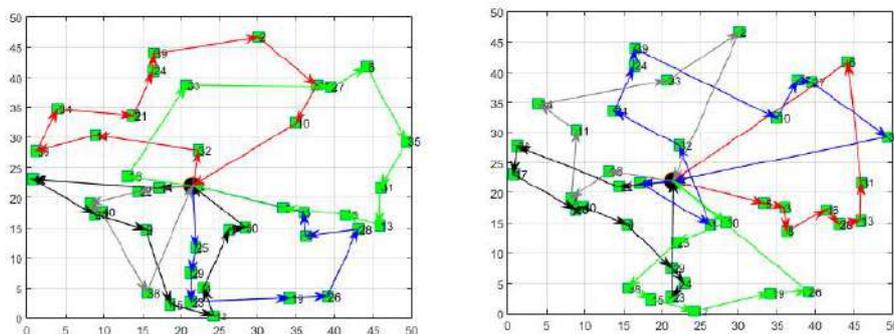


图 5.4 (c):遗传算法,(d):变邻域遗传算法的最优路径图——40 个需求点

从上图可以看出,即使采用了改进后的两种算法,也无法清楚地确定哪一条路线更优。因此,我们必须对每一条路线的综合配送成本进行测算,以便更好地评估它们的性能。通过 Matlab 程序,我们可以计算出 HM 生鲜商城冷链配送车路径问题模型的总体造价,这些造价包括车辆的固定成本、汽车运输油耗、搬运和装卸货车等待流程制冷、CO₂ 污染、模糊时间窗惩罚以及生鲜商品新鲜度惩罚等,并且可以通过传统遗传算法和改良后遗传算法对 HM 生鲜商城配送车周边生鲜超市需求点路径进行优化,从而降低总体造价。通过对比不同需求点的汽车总配送成本,我们可以得出最优的配送车路径表,如表 5.6 所示。

表 5.6 车辆配送最优路线表

算法	需求点 数	车辆配送路线	总成本 (元)	行驶里程 (km)
遗传算法	20	车辆 1:0-11-17-7-1-5-3-8-19-0	1112.6	232.64
		车辆 2:0-9-15-20-18-14-10-6-2-0		
		车辆 3:0-4-12-13-16-0		

表 5.6 车辆配送最优路线表(续)

改进遗传 算法	20	车辆1:0-18-11-17-7-20-9-15-12-4-0 车辆 2:0-14-1-19-8-13-16-3-5-0 车辆 3:0-10-6-2-0	972.4	206.21
遗传算法	40	车辆 1:0-14-17-20-9-15-12-4-1-30-0 车辆 2:0-32-11-36-34-21-24-39-2-37-10- 0 车辆 3:0-25-29-23-19-26-28-8-3-0 车辆 4:0-18-33-27-6-35-31-13-16-5-0 车辆 5:0-22-7-40-38-0	2001.5	1429.64
改进遗传 算法	40	车辆 1:0-22-36-17-20-40-9-29-4-23-0 车辆 2:0-5-3-8-16-28-13-31-6-0 车辆 3:0-14-1-32-21-24-39-10-37-27-35- 0 车辆 4:0-30-25-38-15-12-19-26-0 车辆 5:0-18-7-11-34-33-2-0	1878.3	1341.64

由表 5.4 中的看得出二十个物流需求点和四十个传统物流需求点的变邻域基因方法解决得出的最优预测汽车路线总造价为九百七十二点四元和 1878.3 元,而由传统基因方法解决得出的最优预测汽车路线总造价为 1112.6 元和 2001.5 元。在二个不一样大小的点配送条件下,变邻域基因方法解决的费用较常规方法解决的效果依次降低了百分之十二点六和百分之六点二。在二十个和四十个物流规模点的条件变化邻域遗传算法解决得出的物流车辆路径长度依次为 206.21km 和

1341.64km, 而变常规遗传算法解决得出的物流车辆路在 20 个物流规模点的情况下,采用邻域遗传算法计算出的物流车辆路径长度分别为 206.21km 和 1341.64km, 而采用常规遗传算法计算出的路径长度则分别为 232.64km 和 1429.64km,显示出不同的计算方法可以得到不同的结果。通过应用变邻域遗传算法,我们可以显著减少出行路线宽度,其中 11.4%和 6.2%的改善。分别减少了 11.4%和 6.2%。由此可见,变邻域遗传方法解决问题所得出的总配送成本和行驶路线距离,在规模上各种的物流需求点下的均等于传统遗传算法的解决效果,进一步证明了此方法能够满足各种规模的需求点下物流车辆路线优化问题。

由此可见变邻域遗传算法对 HM 生鲜商城的周边生鲜物流节点的冷链物流配送路线的结果较传统遗传算法物流配送路线总长度更少、平均物流配送成本更小,能够有效的反映各种成本之间的差距,我们对这些物流配送路线的各种成本具体的研究在表 5.7 给出。

表 5.7 配送路径各项成本数值表

	20 个需求点		40 个需求点	
	遗传算法	变邻域遗传算法	遗传算法	变邻域遗传算法
总固定成本	300	300	500	500
总运输成本	325.7	288.7	556.2	456.2
制冷成本	158.0	140.0	307.2	418.7
总碳排放成本	41.7	44.6	85.5	86.0
时间窗惩罚成本	16.7	17.8	42.1	41.4
新鲜度惩罚成本	270.5	181.3	510.5	376.0
总成本	1112.6	972.4	2001.5	1878.3

在图 5.5 中我们可以发现相对时间窗口来说,算法中的惩罚时间也是很小的,所以 HM 生鲜商城物流配送中心的配送车,一般在各顾客需要点期望的时间窗口内把生鲜商品物流配送至所有店铺,即车辆物流配送的及时性特别高,消费者满意

度也很高。固定成本指用单位车辆固定成本,算法不影响固定成本总额的费用。针对各种数量的实际需求点,进行了车辆运输成本研究修改后基因计算求解得出的成果依次为二百八十八点七元和四百五十六点二元,较传统基因计算的求解成果依次下降了百分之十一点四和百分之二十一点九。基于配送运输工具种制冷效率与维持生鲜物流商品的鲜嫩度期间存在效益背反原理,为维持生鲜商品新奇度较高,对两种差异规模需求点的变邻域遗传算法经修正后生鲜商品的鲜嫩度惩罚效率依次为一百八十一元三元和三百七十六点零元,比传统遗传算法求解结果的分别效率减少了百分之三十三和百分之二十六点三。将配送的制冷成本采用变邻域遗传算法,求解后得出的结论依次为一百五十八万元和四百一十八点七万元,较常规的遗传算法减少了百分之十一点四,增加了百分之十八。不过总体来说生产成本是下降的,同时能够提高消费者信心,利于生鲜企业长远发展。

5.5 本章小结

本文中首次对 HM 的生鲜商城背景和基本数据做出了介绍。接着,对所建立的模式选择的常规遗传算法,和变邻域遗传算法展开了在各种数量分配点规模下的数据解析比较,得出两种方法的在生鲜电子商务公司冷链物流下的最佳汽车行驶路线方案和总物流配送成本。最后,对文中所建立的生鲜冷链物流车辆路径优化模式选择的常规遗传算法,与变邻域改进遗传算法的设计求解成果展开了比较解析,经过比较结果显示,文中所用的变邻域改进遗传算法,对计算中所建立的车辆路径优化模式具备了效果和切实可行,并且有助于更好地解决生鲜电子商务公司所遇到的物流问题。

第 6 章

结论与不足之处

6.1 研究结论

本文考虑了交通的 HM 生鲜商城冷链物流配送的路线优选问题的研究方法,重点在于研究生鲜电子商务企业如何进行车辆调度在不同物流节点的条件下的总物流配送成本最小化的问题。关于这一课题,我们的主要成果包括:

1) 在对生鲜商品特征分析的基础上,综合研究了国内生鲜商品在从生产到供应用户的整个物流过程中,面临的损耗率大、冷冻物流效率差、生鲜率低等三个问题,并提出了目前国内生鲜商品在物流环节中的消耗远高于国外,且冷链物流开展的技术比较落后,由此导致了物流配送成本过高,客户满意降低的现象。同时在研究生鲜物流中汽车行驶速率不同的基础上,由于现实中面临的路径情况的复杂性,按照传统研究汽车在城市内的行驶车速长期不变,是不适应现实环境的。所以本文探讨了汽车行驶速率中由于各阶段的交通状况不同,汽车行驶速率时刻变化不同的现象,较为适合在当前交通运输复杂场景下的研究解决了汽车路径难题。指出了生鲜的物流工作的困难与要点,同时也指出了可行性与现实意义。

2) 基于城市交通的复杂性,我们建立了一个目标模式,旨在最小化汽车使用成本、货物油耗成本、运送和卸货时的制冷成本、二氧化碳排放量成本、消费者对鲜活度改变的满意度以及对模糊时间窗口满意度等惩罚成本,从而有效降低生鲜企业物流配送中汽车调度的总造价,使企业能够更有效地实现利润最大化。因此首先考察不同时段的汽车运行速度会伴随着交通指数发生变化,用不同需求节点之间的行程时刻用来反应随时变动的交通网络状况,进而推出了随着配送历史的推移生鲜商品新鲜度变化趋势将逐渐呈指数下降的新鲜度变化趋势参数,以及对现存消费者最高容忍的模糊时间窗口函数二个具体时间约束条件。并使用时变邻域改进遗传算法(VNS-GA) 处理传统遗传算法解过程中很容易产生"早熟"

的问题,效果更好也有利于提高解的品质。研究结果表明,在变化的交通状况下,冷链物流决策分配对生鲜商品的新鲜度和时窗有重要影响,因此,生鲜电子商务公司或汽车物流配送应该采取有效措施,以优化冷链物流快递配送路径,并提出相应的策略和建议。

6.2 不足之处

因为生鲜商品的特点,导致生鲜电子商务企业物流配送的路径选择问题将相对复杂。该文确实解决了部分生鲜物流的困难现象,不过分析的不够充分,还有一些不足之处,如下所示:

1) 文中虽只考察了生鲜商品更新度参数仅随时间而改变,但根据实际情况及不同地区生鲜品种的最好适宜温度差异,生鲜商品更新度的保持与升温是密切相关的,所以若要更进一步的改善生鲜商品更新度,需选择将多个分温区车辆或多机型分配为今后科研的重心。

2) 本文考察生鲜电子商务企业在某个大中城市仅有一家物流配送企业,而是基于一些企业地域范围很大,客户数量较为分散的现状。则必须考虑两家或以上规模的物流配送中心才能最好的适应消费者需要,使得汽车配送间隔的运行期限不能太久,进而造成生鲜的新鲜度降低。

3) 由于本文中对于生鲜电子商务企业的冷链商品物流配送体系中虽然只研究了物流配送体系,但在整个生鲜流通过程中还包括了物流配送中心选址以及仓储库存等重要要素,所以,为能更好的缓解生鲜电子商务企业成本过高等的问题,构建选址-仓储-路径相结合的生鲜商品冷链物流配送体系优化模式将是今后进一步研究中要考虑的要点。

参考文献

- Accorsi, R., Gallo, A., & Manzini, R. (2017). A climate driven decision-support model for the distribution of perishable products. *Journal of Cleaner Production*, 165, 917-929.
- Adelzadeh, M., Asl, V. M., & Koosha, M. (2014). A mathematical model and a solving procedure for multi-depot vehicle routing problem with fuzzy time window and heterogeneous vehicle. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 75 (5-8) , 793-802.
- Afshar-Nadjafi, B., & Afshar-Nadjafi, A. (2017). A constructive heuristic for time-dependent multi-depot vehicle routing problem with time-windows and heterogeneous fleet. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 29 (1) , 29-34.
- Alinaghian, M., & Naderipour, M. (2016). A novel comprehensive macroscopic model for time-dependent vehicle routing problem with multi-alternative graph to reduce fuel consumption: A case study. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 210-222.
- Amorim, P., & Almada-Lobo, B. (2014). The impact of food perishability issues in the vehicle routing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 67, 223-233.
- Amorim, P., Günther, H. O., & Almada-Lobo, B. (2012). Multi-objective integrated production and distribution planning of perishable products. *International Journal of Production Economics*, 138, 89-101.
- Bortolini, M., Faccio, M., Ferrari, E., Gamberi, M., & Pilati, F. (2016). Fresh food sustainable distribution: Cost, delivery time and carbon footprint three-objective optimization. *Journal of Food Engineering*, 174(85), 56-67.
- Cao, Q. K., Yang, K. W., & Ren, X. Y. (2017). Vehicle routing optimization with multiple fuzzy time windows based on improved Wolf pack algorithm. *Advances in Production Engineering & Management*, 12 (4), 401-411.

参考文献(续)

- Cetin S, Gencer C. (2015). A Heuristic Algorithm for Vehicle Routing Problems with Simultaneous Pick-Up and Delivery and Hard Time Windows. *Open Journal of Social Sciences*, 3(3), 7-7.
- Chen J, Dong M, Chen F F. (2017). Joint decisions of shipment consolidation and dynamic pricing of food supply chains. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 43, 135-147.
- Chen, H. K., Hsueh, C. F., & Chang, M. S. (2009). Production scheduling and vehicle routing with time windows perishable food products. *Computers & Operations Research*, 36(7) , 2311-2319.
- Chu, J.C., Yan, S., & Huang, H. J. (2015). A Multi-Trip Split-Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows for Inventory Replenishment Under Stochastic Travel Times. *Networks and Spatial Economics*, 15(1) , 1-28.
- Çimen, M., & Soysal, M. (2017). Time-dependent green vehicle routing problem with stochastic vehicle speeds: An approximate dynamic programming algorithm. *Transportation Research Part D*, 54, 82-98.
- Damrongpol, K., Gilles, N., Aicha, S., Niramitranon, J., & Jittawiriyankoon, A. (2016). *Quantification of freshness loss and an optimization approach for managing fresh fruit exportation*. In 2016 10th International Conference on Software, Knowledge, Information Management & Applications (SKIMA), California, United States.
- Diao, X., Fan, H., Ren, X., & Liu, C. (2021). Multi-depot open vehicle routing problem with fuzzy time windows. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(1), 20-26.
- Douglas M. Miranda, Juergen Branke, Samuel V. (2018). Conceição. Algorithms for the multi -objective vehicle routing problem with hard time windows and stochastic travel time and service time. *Applied Soft Computing*, 70, 66-79.

参考文献(续)

- Ehmke, J. F., Campbell, A. M., & Thomas, B. W. (2016). Vehicle routing to minimize time dependent emissions in urban areas. *European Journal of Operational Research*, 251(2), 478-494.
- Errico, F., & Desaulniers G. (2016). Gendreau M, Laporte G. A priori optimization with recourse for the vehicle routing problem with hard time windows and stochastic service times. *European Journal of Operational Research*, 255(1), 55-66.
- Fauza, G., Amer, Y., Lee, S. H., & Kim, K. H. (2014). *Inventory model for food products considering preservation cost to reduce quality loss*. In Proceedings of the International Conference on Operations and Supply Chain Management, 0.
- Franceschetti, A., Demir, E., Honhon, D., & Laporte, G. (2017). A metaheuristic for the time-dependent pollution-routing problem. *European Journal of Operational Research*, 259(3), 972-991.
- Ghannadpour, S. F., Noori, S., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Zandieh, M. (2014). A multi-objective dynamic vehicle routing problem with fuzzy time windows: Model, solution and application. *Applied Soft Computing*, 14(1), 504-527.
- Ghezavati, V. R., Hooshyar, S., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2017). A Benders' decomposition algorithm for optimizing distribution of perishable products considering postharvest biological behavior in agri-food supply chain: A case study of tomato. *Central European Journal of Operations Research*, 25(1), 29-54.
- Güner, A. R., Murat, A., & Chinnam, R. B. (2017). Dynamic routing for milkrun tours with time windows in stochastic time-dependent networks. *Transportation Research Part E*, 97, 251-267
- Han, M., Wang, Y., & Cheng, Z. (2019). Modeling of Spare Parts Supply Route Optimization with Hard Time Windows. *International Journal of Performability Engineering*, 15 (2), 28-30.
- Hill, A. V., & Benton, W. C. (1992). Modelling intra-city time-dependent travel speeds for vehicle scheduling problem. *Journal of the Operational Research Society*, 43 (4), 343-351.

参考文献(续)

- Huang, Y. X., Zhao, L., Woensel, T. V., & Chen, H. (2017). Time-dependent vehicle routing problem with path flexibility. *Transportation Research Part B: Methodological*, 95, 169-195.
- Ichoua, S., Gendreau, M., & Potvin, J. (2003). Vehicle dispatching with time-dependent travel time. *European Journal of Operational Research*, 144 (2) , 379-396.
- Iqbal, S., Kaykobad, M., & Rahman, M. S. (2015). Solving the Multi-objective Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows with the Help of Bees. *Swarm and Evolutionary Computation*, 24, 50-64.
- Jabali, O., van Woensel, T., & Kok, A. G. (2012). Analysis of travel times and CO2 emissions in time-dependent vehicle routing. *Production and Operations Management*, 21(6) , 1060-1074.
- Kang, H. Y., & Lee, A. (2018). An Enhanced Approach for the Multiple Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Vehicles and a Soft Time Window. *Symmetry*, 10(11) , 650-650.
- Karoonsoontawong, A., Punyim, P., Nueangnitnaraporn, W., & Saensomros, P. (2020). Multi-Trip Time-Dependent Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows and Overtime Constraints. *Networks and Spatial Economics*, 20, 549–598.
- Keizer, M. D., Akkerman, R., Grunow, M., & Bloemhof-Ruwaard, J. M. (2017). Logistics network design for perishable products with heterogeneous quality decay. *European Journal of Operational Research*, 262 (2) , 535-549.
- Krishnan, H., Kapuscinski, R., & Butz, D. A. (2004). Coordinating contracts for decentralized supply chains with retailer promotional effort. *Management Science*, 50(1) , 48-63.
- Kuo, Y. (2010) . Using simulated annealing to minimize fuel consumption for the time-dependent vehicle routing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 59(1) , 157-165.
- Li, G., & Li, J. (2020). An improved tabu search algorithm for the stochastic vehicle routing problem with soft time windows. *IEEE Access*, 1(1) , 1-1.

参考文献(续)

- Mala, N. draki C., & Daskin M. (1992). Time Dependent vehicle routing problems: Formulations, properties and heuristic algorithms. *Transportaion Science*, 26(3) , 185-200.
- Ming, M., & Ma, Y. (2020). Route Optimization of Electric Vehicle considering Soft Time Windows and Two Ways of Power Replenishment. *Advances in Operations Research*, 65, 1-10.
- Miranda, D. M., Branke, J., & Conceição, S. V. (2018). Algorithms for the multi-objective vehicle routing problem with hard time windows and stochastic travel time and service time. *Applied Soft Computing*, 70, 66-79.
- Nakandala, D., Lau, H., & Zhang, J. (2016). Cost-optimization modelling for fresh food quality and transportation. *Industrial Management & Data Systems*, 116(3) , 564-583.
- Osvald, A., & Stirn, L. Z. (2008). A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food. *Journal of Food Engineering*, 85(2) , 285-295.
- Qian, J., & Eglese, R. (2016). Fuel emissions optimization in vehicle routing problems with time-varying speeds. *European Journal of Operational Research*, 248(3) , 840-848.
- Qin, Y., Wang, J., & Wei, C. (2014). Joint pricing and inventory control for fresh produce and foods with quality and physical quantity deteriorating simultaneously. *International Journal of Production Economics*, 152(2) , 42-48.
- Rincon-Garcia, N., Waterson, B. J., & Cherrett, T. J. (2017). A hybrid metaheuristic for the time-dependent vehicle routing problem with hard time windows. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 8(1) , 141-160.
- Setak, M., Habibi, M., Karimi, H., & Norouzi, N. (2015). A time-dependent vehicle routing problem in multigraph with FIFO property. *Journal of Manufacturing Systems*, 35(12) , 37-45.

参考文献(续)

- Sever, D., Zhao, L., Dellaert, N., Robb, D. J., & Stavrakakis, I. (2018). The dynamic shortest path problem with time-dependent stochastic disruptions. *Transportation Research Part C*, 92, 42-57.
- Soysal, M., Bloemhof-Ruwaard, J.M., & Bektas T. (2015). The time-dependent two-echelon capacitated vehicle routing problem with environmental considerations. *International Journal of Production Economics*, 164 (11), 366-378.
- Xiao ,Y., & Konak ,A. (2016). The heterogeneous green vehicle routing and scheduling problem with time-varying traffic congestion. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 88 (3) , 146-166.
- 曹庆奎, 杨凯文, 任向阳, & 赵丽飞. (2018). 基于交通流的多模糊时间窗车辆路径优化. *运筹与管理*, 27(08) , 20-26.
- 段征宇, 杨东援, & 王上. (2010). 时间依赖型车辆路径问题的一种改进蚁群算法. *控制理论与应用*, 27(11) , 1557-1563.
- 范厚明, 耿静, 李阳, & 徐振林. (2019). 模糊需求与时间窗的 VRP 及混合遗传求解. *系统管理学报*, 28(06) , 1066.
- 冯荣新. (2017). 考虑鲜度的鲜活农产品库存路径优化(硕士论文). 河南大学, 中国.
- 葛显龙, & 张慧. (2018). 城市实时交通路网车辆路径优化问题研究. *工业工程与管理*, 23(3) , 140-149.
- 段征宇, 杨东援, & 王上. (2010). 时间依赖型车辆路径问题的一种改进蚁群算法. *控制理论与应用*, 27 (11) , 1557-1563.
- 范厚明, 耿静, 李阳, & 徐振林. (2019). 模糊需求与时间窗的 VRP 及混合遗传求解. *系统管理学报*, 28 (06) , 1066.
- 冯荣新. (2017). 考虑鲜度的鲜活农产品库存路径优化 (硕士论文). 河南大学, 中国.

参考文献(续)

- 葛显龙, & 张慧. (2018). 城市实时交通路网车辆路径优化问题研究. *工业工程与管理*, 23(3), 140-149.
- 葛显龙, & 竹自强. (2019). 带软时间窗的电动车辆路径优化问题. *工业工程与管理*, 24(4), 96-104.
- 户佐安, 贾叶子, 李博威, & 刘陆. (2019). 考虑客户满意度的车辆路径优化研究. *工业工程*, 22(1), 100-107.
- 兰辉, 何琴飞, 边展, 陈家俊, & 魏学文. (2015). 考虑道路通行状况的冷链物流配送路径优化. *大连海事大学学报*, 41(4), 67-74.
- 李博威, 户佐安, 贾叶子, & 唐诗韵. (2020). 带软时间窗的同时取送货车辆路径问题研究. *工业工程*, 23(05), 75-81.
- 李翠平. (2017). *O2O 运作模式下生鲜品同城配送路径研究* (硕士学位论文). 大连海事大学, 中国.
- 李锋, & 魏莹. (2010). 易腐货物配送中时变车辆路径问题的优化算法. *系统工程学报*, 25(4), 492-498.
- 李娜. (2015). 不确定需求和配送时间窗约束下的供应链优化. *计算机仿真*, 32(04), 424-428.
- 李薇. (2016). *基于需求分类的生鲜农产品库存路径问题研究* (硕士学位论文). 吉林大学, 中国.
- 刘婵媛. (2006). *鲜活农产品配送的模式及路线优化研究* (硕士学位论文). 华中科技大学管理科学与工程, 中国.
- 刘书芳. (2016). *基于模糊时间窗的冷链物流配送路径优化* (硕士学位论文). 东华大学, 中国.
- 刘炎宝, 王珂, 杨智勇, & 王思静. (2019). 考虑碳排放与新鲜度的冷链物流配送路径优化. *江西师范大学学报 (自然科学版)*, 43 (2), 188-195.
- 刘长石, 申立智, 盛虎宜, 吕雄鹰, & 瞿艳平. (2020). 考虑交通拥堵规避的低碳. 时变车辆路径问题研究. *控制与决策*, 35 (10), 2486-2496.

参考文献(续)

- 娄晶, 周骞, & 胡轶群. (2019). 时变路网下带硬时间窗的城市生鲜物流配送路径选择. *公路与汽运*, 000(001), 65-68.
- 楼振凯. (2017). 带模糊时间窗的配送问题多目标优化研究. *模糊系统与数学*, 31(03), 183-190.
- 穆东, 王超, 王胜春, 何宏斌, & 陈宗民. (2015). 基于并行模拟退火算法求解时间依赖型车辆路径问题. *计算机集成制造系统*, 21(6), 1626-1636.
- 潘帅, 陈钰成, 高元, & 李文霞. (2020). 带软时间窗的多种服务需求车辆调度问题及其禁忌搜索算法研究. *武汉理工大学学报(交通科学与工程版)*, 44(06), 1123-1128.
- 邱荣祖, 钟聪儿, & 修晓虎. (2011). 基于 GIS 和禁忌搜索集成技术的农产品物流配送路径优化. *数学的实践与认识*, 41(10), 145-152.
- 孙琦, 戢守峰, & 刘旭. (2016). 基于变邻域搜索算法的物流配送系统集成优化研究. *工业技术经济*, 35(08), 46-55.
- 陶帝豪, 刘蓉, 雷勇杰, & 章桥新. (2019). 基于绿色供应链的冷链物流配送路径优化. *工业工程*, 22(02), 89-95.
- 屠丹, 周建频, & 初良勇. (2014). 不确定需求条件下生鲜类农产品供应链网络优化设计研究. *物流科技*, 37(06), 32-35.
- 王芳, 饶德坤, 游静, & 夏清松. (2019). 基于改进蚁群算法的带硬时间窗的接送机场服务路径优化研究. *系统科学与数学*, 39(01), 76-89.
- 王磊, & 但斌. (2015). 考虑零售商保鲜和消费者效用的生鲜农产品供应链协调. *运筹与管理*, 24(5), 44-51.
- 王磊, & 但斌. (2015). 考虑消费者效用的生鲜农产品供应链保鲜激励机制研究. *管理工程学报*, 29(1), 200-206.
- 王连锋, 宋建社, & 王正元. (2013). 带硬时间窗的战场物资配送车辆路径优化. *系统工程与电子技术*, 35(04), 770-776.

参考文献(续)

- 王萌.(2018). 考虑新鲜度的生鲜产品物流配送优化模型与算法研究(硕士论文). 大连理工大学, 中国.
- 魏小迪, & 郑洪清.(2020). 求解带时间窗车辆路径问题的改进离散花朵授粉算法. *数学的实践与认识*, 50(02), 193-200.
- 吴晓明, 杨信廷, 邢廷炎, 杨红宇, & 李康.(2016). 生鲜农产品配送中库存运输联合优化问题. *计算机工与设计*, 37(03), 819-824.
- 杨春, 但斌, & 吴庆.(2010). 考虑保鲜努力的生鲜农产品零售商与物流服务商的协调合同. *技术经济*, 29(12), 122-126.
- 杨玮, 李国栋, & 张倩.(2013). 基于粒子群算法的农产品冷链物流配送路径优化研究. *陕西科技大学学报(自然科学版)*, 31(3), 150-153.
- 杨翔, 范厚明, 张晓楠, & 李阳.(2016). 基于模糊时间窗的多中心开放式车辆路径问题. *计算机集成制造系统*, 22(07), 1768-1778.
- 姚坤, 杨斌, & 朱小林.(2019). 考虑时变交通状况的低碳车辆路径优化. *计算机工程与应用*, 55(03), 231-237.
- 殷亚, & 张惠珍.(2017). 求解带硬时间窗的多目标车辆路径问题的多种混合蝙蝠算法. *计算机应用研究*, 034(012), 3632-3636.
- 于超.(2010). 基于鲜度的生鲜品库存综合研究(硕士论文). 清华大学, 中国.
- 张如云, & 刘清.(2015). 考虑低碳的城市配送车辆路径优化模型研究. *工业工程与管理*, 20(4), 29-34.
- 张晓楠, 范厚明, & 李剑锋.(2015). 同时配集货定位—路线问题的变邻域分散搜索算法. *计算机集成制造系统*, 21(09), 2535-2548.
- 张旭, & 张庆.(2017). 保鲜控制损耗下考虑公平关切的生鲜品供应链协调. *系统科学学报*, 25(03), 112-116.
- 张扬, 何承, & 张炜.(2016). 上海市道路交通状态指数简介及应用案例. *交通与运输*, 32(003), 16-18.

参考文献(续)

- 张晓楠, 范厚明, & 李剑锋. (2015). 同时配集货定位—路线问题的变邻域分散搜索算法. *计算机集成制造系统*, 21 (09), 2535-2548.
- 张旭, & 张庆. (2017). 保鲜控制损耗下考虑公平关切的生鲜品供应链协调. *系统科学学报*, 25 (03), 112-116.
- 张扬, 何承, & 张炜. (2016). 上海市道路交通状态指数简介及应用案例. *交通与运输*, 32(003), 16-18.
- 赵志学, & 李夏苗. (2020). 时变交通下生鲜配送电动车辆路径优化方法. *交通运输系统工程与信息*, 20(05), 218-225
- 郑建辉. (2013). 第三方配送带软时间窗车辆路径问题的模型与禁忌算法研究(硕士论文). 杭州电子科技大学, 中国.
- 钟晓燕, 钟聪儿, 林雄, 李卫宁, & 李增益. (2009). 基于遗传算法的生鲜农产品库存控制的应用. *福建农林大学学报(自然版)*, 38(003), 301-305.



个人简历

姓名	张琳涓
出生日期	1994 年 04 月 15 日
出生地	云南省昆明市
教育背景	本科：云南艺术学院 专业：音乐表演，2018 学年 硕士：泰国兰实大学 专业：工商管理，2023 学年
联系地址	中国云南省昆明市
联系邮箱	M18183711067@163.com

