

**本科生毕业设计[论文]**

乡村物流服务模式设计与网络优化研究

|  |  |
| --- | --- |
| 院 系 | **管理学院** |
| 专业班级 | **物流管理1802班** |
| 姓 名 | **彭昕源** |
| 学 号 | **U201815536** |
| 指导教师 | **刘志学** |

2022年 5月 26 日

**学位论文原创性声明**

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在导师的指导下独立进行研究所取得的研究成果。除了文中特别加以标注引用的内容外，本论文不包括任何其他个人或集体已经发表或撰写的成果作品。本人完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

作者签名： 年 月 日

**学位论文版权使用授权书**

本学位论文作者完全了解学校有关保障、使用学位论文的规定，同意学校保留并向有关学位论文管理部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权省级优秀学士论文评选机构将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于 1、保密囗，在 年解密后适用本授权书

2、不保密囗 。

（请在以上相应方框内打“√”）

作者签名： 年 月 日

导师签名： 年 月 日

# 摘 要

十九大报告中将乡村振兴作为七大国家战略之一，乡村物流作为实现乡村振兴的重要角色发挥着关键作用，但是现有的乡村物流服务模式不能满足日益扩大的乡村物流需求。乡村地区配送成本高和服务水平低已经严重制约乡村物流的发展。本文首先通过分析乡村物流供需特点，按照乡村物流服务模式设计思路与原则，提出基于共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式，并分析该模式的具体运作机理。然后，根据物流网络车辆路径问题建模思想，在满足车辆最高载重、客户要求时间窗等约束条件下，构建以共同配送成本最小化为目标函数的网络优化模型，并设计遗传算法求解。在此基础上，将提出的模型和算法应用于武汉市黄陂区王家河街道的实际案例数据中，利用得到的结果与传统乡村物流服务模式下的结果进行对比分析，验证出本文提出的乡村物流服务模式具有可行性和有效性。最后，根据论文研究结论提出促进乡村物流健康发展的政策建议。

**关键词：**乡村物流服务模式；众包配送；共同配送；物流网络；车辆路径问题

# Abstract

In the report of the 19th National Congress of the CPC, rural logistics plays a key role in realizing rural revitalization, but the existing rural logistics service model cannot meet the ever-expanding rural logistics demand. The high distribution cost and low service level in rural areas have seriously restricted the development of rural logistics. This thesis firstly analyzes the characteristics of rural logistics supply and demand, puts forward a rural logistics service model based on the combination of joint distribution and crowdsourcing distribution according to the design ideas and principles of rural logistics service model, and analyzes the specific operations mechanism of the model. Then, according to the modeling idea of vehicle routing problem in logistics network, under the constraints of meeting the maximum load of vehicles and the time window required by customers, a network optimization model with minimizing the cost of joint distribution as the objective function is constructed, and a genetic algorithm is designed to solve it. On this basis, the proposed model and algorithm are applied to the actual case data of Wangjiahe Street in Huangpi District, Wuhan City, and the results obtained are compared and analyzed with those of the traditional rural logistics service model to verify the feasibility and effectiveness of the new logistics service model proposed in the thesis. Finally, policy suggestions for promoting the healthy development of rural logistics are proposed based on this studies’ findings.

**Key Words：**Rural logistics service model; Crowdsourcing distribution; Joint distribution; Logistic network optimization; Vehicle routing problem

**目 录**

[摘 要 I](#_Toc104382433)

[Abstract II](#_Toc104382434)

[1 绪论 1](#_Toc104382435)

[1.1 研究背景与问题提出 1](#_Toc104382436)

[1.2 研究目的与意义 2](#_Toc104382437)

[1.2.1 研究目的 2](#_Toc104382438)

[1.2.2 研究意义 2](#_Toc104382439)

[1.3 国内外相关研究综述 3](#_Toc104382440)

[1.3.1 关于物流服务模式的研究 3](#_Toc104382441)

[1.3.2 乡村物流网络研究 5](#_Toc104382442)

[1.4 研究内容与方法 5](#_Toc104382443)

[1.4.1 研究内容 5](#_Toc104382444)

[1.4.2 研究方法与技术路线 6](#_Toc104382445)

[2 乡村物流服务模式设计 8](#_Toc104382446)

[2.1 乡村物流供需特点分析 8](#_Toc104382447)

[2.2 乡村物流模式设计思路与原则 9](#_Toc104382448)

[2.2.1 设计思路 9](#_Toc104382449)

[2.2.2 设计原则 10](#_Toc104382450)

[2.3 基于共同配送和众包配送的乡村物流服务模式 11](#_Toc104382451)

[3 乡村物流网络优化问题建模与求解 14](#_Toc104382452)

[3.1 问题描述 14](#_Toc104382453)

[3.2 模型刻画与分析 15](#_Toc104382454)

[3.2.1 模型假设 15](#_Toc104382455)

[3.2.2 符号说明 15](#_Toc104382456)

[3.2.3 模型构建 16](#_Toc104382457)

[3.3 模型求解方法 17](#_Toc104382458)

[3.3.1 求解方法选择 17](#_Toc104382459)

[3.3.2 求解算法设计 18](#_Toc104382460)

[4 乡村物流服务模式与网络优化的案例分析 21](#_Toc104382461)

[4.1 案例背景 21](#_Toc104382462)

[4.2 乡村物流服务模式优化 22](#_Toc104382463)

[4.3 乡村物流网络模型与求解 23](#_Toc104382464)

[4.3.1 数据收集 23](#_Toc104382465)

[4.3.2 数据处理 24](#_Toc104382466)

[4.3.2 模型求解 26](#_Toc104382467)

[4.4 结果分析 27](#_Toc104382468)

[5 总结与建议 31](#_Toc104382469)

[5.1 研究结论 31](#_Toc104382470)

[5.2 政策建议 32](#_Toc104382471)

[5.3 研究展望 33](#_Toc104382472)

[致谢 34](#_Toc104382473)

[参考文献 35](#_Toc104382474)

[附录 37](#_Toc104382475)

# 

# 1 绪论

## 1.1 研究背景与问题提出

十九大报告提出实施乡村振兴战略，并将其作为决胜全面建成小康社会、全面建设社会主义现代化强国的七大国家战略之一。乡村振兴中，乡村物流服务体系建设在推进乡村产业融合发展、城乡融合发展及促进乡村组织化和社会化方面具有非常重要的意义和作用。然而，目前我国乡村物流发展仍然存在较多问题：一是乡村物流基础设施建设薄弱。尽管乡村公路、移动通信等发展较快，一些物流企业也增加了对乡村物流产业的投入，但乡村物流网络等基础设施建设更依赖地方政府的资金支持，网点小而散，服务水平低。二是乡村物流产业发展落后，人力资源匮乏。由于乡村经济发展滞后，物流网络覆盖率低，大多数物流企业仍然依赖邮政渠道完成货物交付，服务质量和及时性难以保证。三是乡村物流配送成本高，部分物流企业管理水平低。村落之间道路崎岖，而大多数物流企业只能配送到乡镇一级，大多物流中小企业的配送网络结构不合理，特别是在偏远地区，网点铺设能力有限。四是乡村物流难以形成规模经济效应。物流是典型的以网络经济和规模经济为特征的行业，乡村物流相较城市物流来说由于经济水平等因素影响，物流业务量较小且有一定的季节性，这使得乡村物流总体上规模小、波动大，难以降低平均物流成本。

随着互联网的发展，乡村电子商务市场不断扩大，乡村物流快速发展，但是现有的乡村物流服务模式难以满足乡村市场需求，配送成本高、效率低等问题仍然大量存在。因此，创新乡村物流服务模式、优化乡村物流网络建设迫在眉睫。2021年以来国家多次颁布关于乡村物流建设文件，国务院办公厅印发的《关于加快农村寄递物流体系建设的意见》指出要加大对乡村寄递物流基础设施的建设投入，统筹乡村地区寄递物流资源，鼓励邮政、快递等多个物流平台合作共用末端配送网络，加快推广乡村寄递物流共同配送模式。2022年中央1号文件《关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作的意见》指出要加快乡村物流快递网点布局，实施“快递进村”工程，鼓励发展“多站合一”的乡镇客货邮综合服务站和“一点多能”的村级寄递物流综合服务点，推进县乡村共同配送，使乡村物流能更好满足乡村居民生产生活和消费升级需求，推动乡村振兴取得新进展。

乡村物流服务模式的运行依赖于乡村物流网络，高效的物流网络是乡村物流服务的基础条件。所以，要提高乡村物流的运作效率和服务质量，不仅需要更高效的乡村物流服务模式，而且需要更加完善的乡村物流网络作为支撑。基于此，本选题将对我国乡村物流服务模式和网络优化进行专题研究。

## 1.2 研究目的与意义

### 1.2.1 研究目的

尽管乡村物流伴随着电子商务在乡村地区快速兴起而高速发展，但是由于乡村物流始终拥有节点间距离较远和消费密度低等特点，目前乡村物流网络节点只能停留在人口较为密集的乡镇一级，然而相应的物流服务模式并不能有效满足日益增加的乡村物流需求。本文根据我国乡村物流供需特点和发展趋势，提出共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式，针对性解决乡村物流成本高和服务质量低的问题。进一步地，运用物流网络规划模型优化乡村物流网点和路径，探讨网络节点和路径选择等因素对乡村物流网络运行效率的影响。在此基础上进行案例研究，基于共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式和网络优化模型，获取实际数据进行模型求解和结果分析，对比传统物流服务模式下的运行结果，验证分析新的乡村物流服务模式的可行性与有效性。最后，论文将提出乡村物流发展的相关政策建议，助力全面推进乡村振兴。

### 1.2.2 研究意义

1）理论意义

虽然乡村物流发展受到各级政府和理论与实践界的高度关注，但目前国内外关于乡村物流服务模式和网络优化的研究较少。本文基于乡村物流供需特点，结合分析乡村物流服务模式设计思路与原则，提出共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式，并在此基础上运用物流网络规划模型探讨在乡村物流网络优化的实际案例应用，并通过带入案例中的实际数据对理论研究成果进行对比验证，这不仅为乡村物流发展提供了新的思路和方法，而且可以丰富物流服务模式和物流网络优化相关理论。

2）现实意义

在我国，现有的乡村物流服务模式不能满足乡村地区日益增加的物流需求，主要存在乡村物流服务成本高、物流服务质量低等问题，严重制约城乡货物的有效流通和乡村居民生产生活与消费升级，设计出更加符合乡村地区物流需求的服务模式迫在眉睫。基于此，本文提出的共同配送和众包配送相结合的乡村物流服务模式，不仅能够有效解决乡村物流服务成本高，物流网点布局覆盖不全面的问题，而且能够提高乡村物流服务水平，增强乡村居民的物流满意度，对企业乡村物流服务模式创新和开拓乡村市场具有积极促进作用。此外，本文提出的物流服务模式对参与乡村剩余劳动力的利用与动员和促进乡村扶贫开发、增设乡村就业岗位也具有一定的参考价值。

## 1.3 国内外相关研究综述

### 1.3.1 关于物流服务模式的研究

物流服务一般分为自营模式、第三方物流模式和物流联盟模式。近年来，随着网络平台购物的发展，又催发出众包配送和自提模式等。乡村地区人口较为分散，乡村物流总体成“低分布密度+长运输线”特征。自营配送如京东等虽然物流服务效率高，但由于乡村快递的配送量不足，物流成本高，短期内难以实现盈利目标。第三方物流可以借助中国邮政物流等开展共同配送物流服务，以实现物流服务质量提升和配送成本降低的双重效果。鉴于乡村物流供需特征和发展痛点、难点问题，本文提出共同配送和众包配送相结合的乡村物流服务模式。以下针对共同配送和众包配送相关研究进行综述。

1）众包配送相关研究

随着互联网经济的发展，众包配送越来越受到人们的重视。Aymeric和 Amanda（2017）通过场景模拟调查，发现如果是短距离配送，寄件人更看重配送员的运行效率与监控透明度，而长距离配送优先考虑的是运输条件和配送员的运作经验。陈耀庭和黄和亮（2017）提出在市场巨大的生鲜市场中，众包配送模式在满足顾客交付需求与定制化服务需求方面优势明显，既有利于优化配置社会闲散资源，又不会增加顾客的购物成本。慕静等（2018）通过引入模糊时间窗，构建了基于即时配送和考虑收益激励的众包物流运力调度模型，并运用算例验证该模型在保证客户满意度和提高众包物流配送员积极性方面具有可行性与有效性。Felix等（2021）对100名参与众包物流服务的司机进行调查并进行应用评估，基于研究结论提出众包物流要成为一个可持续的物流服务模式，应该提供更优化的配送网络和更完善的支付方案。Huang等（2021）针对生鲜农产品难以保存的问题，提出了一种基于任务颗粒度的最后一公里配送订单指派方法，充分考虑配送时间和空间因素，帮助众包配送模式下指派快递员高效履约，提高最后一公里物流服务质量。熊国文等(2021)等根据众包模式的配送特点提出了两级开闭混合车辆路径优化模型，即企业车辆配送完之后需要返回配送中心而社会车辆配送完之后不需要返回，并运用麻雀搜索算法验证该模型能够有效提高物流配送效率并降低配送成本。

2）共同配送相关研究

共同配送指的是联合多家物流企业，共同利用末端仓储场所与配送车辆，将配送商品集合在一起，选取最优路线进行统一配送的物流服务模式。Thompson和Hassall（2012）提出了城市共同配送的发展模式，即物流企业间通过合作的方式组建一个战略联盟为客户提供配送服务，不仅能够有效减少配送车辆的行驶距离，而且可以达到缓解城市交通堵塞的目的。Hayel等（2014）发现客户选择的配送服务类型与配货上门的成本和自提服务的排队情况之间密切相关，指出运用共同配送将有效解决不同服务模式客户造成的配送拥堵问题。杨萌柯和周晓光（2015）基于“互联网+”背景，提出电子商务与快递物流协同配送模式，构建以云平台为基础的城市快递物流协同服务网络，解决了传统的直接配送模式具有配送时间不确定、配送效率低等问题。Tinoco（2017）等分析了每个参与共同配送的公司成本如何受到共同配送的影响，结果表明共同配送关系的稳定性在很大程度上取决于联盟的成本分摊协议以及收益的分配机制。在共同配送中，大多数公司都关注运输成本的分配。赵广华（2018）指出乡村电商共同配送要想做到有序运行和可持续发展，就必须有第四方物流共同配送联盟的组织保障和信息共享平台作为技术支撑。Yang等（2020）利用分支定价法求解乡村物流的车辆路径问题，数值分析结果表明在共同配送模式下各个物流企业进行长期合作对所有企业都有利。杨洁和周赟俊（2021）从共同配送中联盟成员个体资源贡献、联盟地位差异贡献以及承担运送风险贡献三方面探讨生鲜农产品共同配送成本分摊的协调策略，结果表明单个企业通过投入联盟的资源优势和自身规模优势能够叠加放大贡献度，在联盟中得到更大的话语权从而得到更多的收益。石永强等（2021）通过构建基于共同配送模式的乡村快递车辆调度模型，验证共同配送策略能从全局优化的角度合理配置区域内物流资源，相较于独立配送模式可降低30%的配送成本。

### 1.3.2 乡村物流网络研究

乡村物流网络优化就是运用科学的系统分析和网络规划模型方法合理确定乡村物流中心或配送中心选址、企业网点数量及其运营路径。Wang等（2015）建立了两级物流网络总成本最小化模型，提出了一种扩展粒子群优化和遗传算法的混合算法，用于优化二级或多级物流配送网络。Bortolini等（2016）设计出一种考虑运营成本、碳足迹和配送时间目标的三目标系统，考虑食品质量对配送时间的依赖、市场需求的地理分布和农民生产能力，旨在解决乡村地区生鲜商品供应不及时问题。潘林等（2016）对湖北省嘉鱼县的乡村区域物流网络体系现状进行分析，从网络成本和效率的角度对该地区物流网络进行优化重构，提出基于渠道资源整合思想下的物流网络优化策略。张喜才等（2016）从顶层设计角度提出搭建园区-综合体-门店网络架构的乡村物流网络建设思路，以促进乡村电商物流融合发展。安然等（2020）运用统计方法对乡村物流网络节点的数量、分布规律及特点等进行分析，提出我国下一步推进乡村物流网络节点发展的思路在于注重因地制宜，坚持“建管运”并举，促进物流服务与产业发展协同联动。杨博和王征兵（2021）利用引力模型对甘肃省内各市乡村物流的吸引力大小进行测算，将甘肃省物流网络划分为东部、中部和西部三大物流网络，以兰州市为中心，通过实现三个区域的协调发展，从而打破甘肃省内物流体系发展不均衡的现象，从而推动甘肃省乡村振兴战略的顺利实施。

## 1.4 研究内容与方法

### 1.4.1 研究内容

本论文内容针对乡村物流服务模式设计与网络优化进行专题探讨，全文共分为五个部分，结构安排如下：

第一章为绪论。主要阐述论文研究背景、问题来源、研究目的与意义，在梳理国内外相关研究成果以及国家有关政策的基础上，提出本文的研究内容与主要研究方法。

第二章为乡村物流服务模式设计。首先分析当今乡村物流供需特点如物流的分散性、不稳定性和季节性等并加以阐述，随后论述乡村物流服务模式的设计思路与原则，新的物流模式需从乡村物流实际现状出发，在满足乡村物流实际需求的基础上做到降低物流成本，提高物流服务水平。针对乡村物流成本高、服务质量低等痛点问题，提出基于共同配送和众包配送相结合的乡村物流服务模式，最后详细分析该服务模式下的运作流程。

第三章为乡村物流网络优化问题建模与求解。基于共同配送与众包配送的乡村物流服务模式，以配送总成本最小为目标函数，设立配送能力、单位路径成本和节点距离等参数，列出时间、载重等约束构建乡村物流网络规划模型。在求解算法的选择上本文选用了遗传算法，详细分析了算法流程与算子的选择方法。

第四章为乡村物流服务模式与网络优化的案例分析。本章以武汉市黄陂区王家河街道为案例背景，介绍了王家河街道的地理环境、经济水平和现行物流服务模式。基于第二章设计的共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式，将实际数据代入到第三章构建的物流网络优化模型中，运用遗传算法求解得到优化结果，对比分析和验证网络优化模型和乡村物流服务模式的有效性与可行性。

第五章为总结与建议。总结全文研究成果，指出本文研究中存在的不足之处，提出促进乡村物流进一步的发展的政策与建议，并对未来的研究方向进行展望。

### 1.4.2 研究方法与技术路线

本选题研究的技术路线如图1-1所示，将主要应用文献研究、网络规划模型和案例分析等方法进行研究，具体说明如下：

1）文献研究法

通过查阅国内外关于共同配送、众包配送、乡村物流网络优化等代表性研究文献，梳理乡村物流的发展现状与供需特点，分析乡村物流痛点，为设计符合乡村地区需求的物流服务模式和优化乡村物流网络提供理论和方法支撑。

2）网络规划模型

根据众包配送和共同配送需求的动态性特点，以配送成本最小为目标函数，将决策变量、约束条件等抽象为数学问题进行模型刻画，建立符合众包配送和共同配送相结合特点的乡村物流网络规划模型，并根据模型特性选择合适的启发式方法进行求解.

3）案例分析法

首先对案例背景进行分析，获取乡村物流服务网点、路径等具体数据并进行处理，代入到乡村物流网络规划模型，展开“基于共同配送和众包配送的物流网络优化”案例研究，最后利用启发式方法进行求解。基于求解结果分析，验证本文所提出网络优化模型和物流服务模式的可行性和有效性。

文献综述

选题背景

乡村物流供需特点

乡村物流服务模式现状分析

基于共同配送和众包配送的乡村物流服务模式

文献研究

系统分析

文献研究

**问题提出**

**乡村物流服务模式设计**

**乡村物流网络优化**

模型刻画

模型分析

模型求解

网络规划模型

启发式算法

案例分析

案例背景

结果分析

基于共同配送和众包配送的物流网络优化建模与求解

图1-1 论文研究技术路线

# 2 乡村物流服务模式设计

## 2.1 乡村物流供需特点分析

当今乡村物流供需特点不仅与现阶段电子商务的发展有关，又与乡村农业发展和乡村居民消费特点息息相关，在对比其他物流行业中表现出较大差异性。乡村物流在承接工业品下行的同时也承接农产品上行。

1）乡村物流供应的季节性和不确定性

（1）乡村物流在供应端输出的主要是农产品，其生产具有明显的季节性，而其消费是每天发生的。生活中一些常见的农产品如稻谷、小麦、苹果、香蕉、白菜等都有着特定的生产规律，如今由于生活水平的提高，各地每天都存在对这些主食、瓜果、蔬菜的大量需求。在我国乡村从事主要农产品生产的还是小农户，由于单个农户产量小、个人资金有限且对物流需求相对较少，难以形成规模经济，从而制约物流供给，进一步限制了乡村物流发展水平。

（2）乡村地区农业生产受到多种因素影响，例如自然环境和经济环境的变化。我国乡村地区现代化水平较低，自然条件复杂，农业生产资料供应具有不确定性，无论是农产品还是家畜禽类，在对它们进行流通加工、储存、配送等物流活动过程中往往有特殊要求，如冷链运输、保鲜加工等。不仅如此，农产品的根、茎、叶、果实、种子和家畜家禽的肉、蛋、奶等具有不同的生物学特性都导致乡村物流在运输、储存、流通加工等具体运作中具有很大的不确定性。

2）乡村物流需求的分散性和不稳定性

（1）乡村物流运营商众多，业务分散。目前乡村物流缺少实力强劲的龙头企业，尤其是第三方物流缺乏能够有效满足农业经济在物资供应、产品销售、运输、配送、仓储和一站式物流服务等方面需求的大型物流企业，没有建立起一个完整的乡村物流服务体系。由于门槛较低，有大量的个体物流运营商参与其中，这种小型物流组织虽然具有很大的灵活性，可以在一定程度上弥补服务的不足，但其组织结构松散、正常运作和承担风险的能力差，直接降低了物流系统的整体服务质量，影响了乡村物流系统的良性发展。

（2）我国乡村物流市场总体呈现“长供应链+低消费”特征，乡村居民的基本生活能够做到自给自足。乡村地区对乡村物流的需求主要是配送城市的工业品，如家电、手机、化肥等，但这些物品都有一定的使用寿命，并且乡村居民平均收入水平较低致使在购买这些物品时会仔细斟酌，所以往往只有在“天猫双十一”、“京东618”等电商节日才会有较大的需求量。以上原因导致乡村物流需求的稳定性差，难以及时满足，供给侧资源配置失衡并且利用率低。

3）乡村物流供需不平衡性与高成本性

乡村地区居民大多分散聚集且地形崎岖，道路简陋。物流的需求和供给较为分散，乡村物流的订单多为农产品流向城市，从城市流向乡村的工业品订单相对较少。2020年我国乡村网络零售额就已达1.79万亿元，较2019年增长8.9%。在乡村电商的高速发展背景下，乡村物流的供需不平衡性将随着农产品上行的规模不断扩大进一步加剧，从而使得物流车辆空载窗口期或者等待期加长，上述原因导致乡村物流从运输、仓储、包装、装卸搬运、配送等环节缺乏系统性、高效性和及时性，不具备成本优势。

## 2.2 乡村物流模式设计思路与原则

### 2.2.1 设计思路

新的乡村物流模式应将目标导向作为设计思路，当前乡村物流的主要痛点在于乡村物流配送成本高和服务水平低，因而新的乡村物流模式应能够实现“降本增效”这个目标。为此，根据物流服务特点和当今物流发展趋势，应设计和实施基于共同配送和众包配送相结合的乡村物流服务模式。

1）共同配送通过整合配送资源和信息共享做到降本增效

伴随着新一轮电子商务市场的扩张，各大电商巨头如京东、淘宝、拼多多等纷纷进驻拥有巨大潜力的乡村市场，进一步加大了乡村物流网络体系的建设。然而，目前物流企业大多处于互相竞争、单打独斗的状态，导致难以做到信息共享与资源互补，考虑到乡村物流市场配送物品季节性强、数量少、品种多的特点，企业往往难以通过规模经济以降低配送成本。共同配送是一种以共享物流资源和信息实现最大化效益的合作物流模式，各参与企业组建战略联盟或合资成立第三方物流公司，通过集中调度配送资源，联盟内物流信息共享、整合各自网点资源从而达到规模经济，既能降低成本，又能提高配送效率。

2）众包配送通过分包大众和利用闲散运力做到降本增效

乡村地区物流流量少且道路崎岖，企业不愿为小件货物配送长途跋涉。此外，乡村缺乏如城市一样的社区规划与管理，导致住宅门牌号码难以寻找或辨认，加之配送员不熟悉，从而难以做到送货上门，乡村居民需要自己前往乡镇网点自取货物。众包配送将原本属于物流企业完成的配送任务分包给闲散带货的社会人员，由其基于众包平台上发布的配送任务，根据自己的实际情况自由选择。参与众包配送的人员大多为熟悉当地环境的本地居民。可见，众包配送的低门槛和广泛性质将吸引大量有时间与运力的社会人员参与到乡村物流服务中，进一步整合社会配送运力，减少对专业配送员的成本投入。同时，众包配送模式有利于提高乡村物流服务水平，增加客户满意度。

综上所述，共同配送主要通过形成规模经济以降低成本，众包配送主要通过利用闲散运力提高服务水平。因此，考虑到乡村物流供需特点，将共同配送与众包配送相结合，就能够实现乡村物流降本增效的目的。

### 2.2.2 设计原则

根据乡村物流供需特点，设计乡村物流服务模式时应遵以下三个原则：

（1）需求主导，协调均衡。乡村物流承担着工业品下乡和农产品进城的任务，这是乡村物流的基本需求。新的物流模式要以满足乡村物流的需求为主导，在满足基本需求的基础上协调增加效率与降低成本两个方面，不能顾此失彼。对于二者的优先级，以满足乡村地区物流需求、提高物流服务水平为主，以降低企业在乡村地区的运营成本为辅。

（2）降本增效，统筹匹配。新的物流服务模式需相较于传统的物流服务模式成本更低，效率更高，根据2.2.1节的分析，将共同配送与众包配送相结合可达到此目的。然而，共同配送与众包配送的运作组织和优势特点各有不同，共同配送的运作特点在于企业合作共享资源，众包配送的运作特点在于分包大众扩大运力，在设计新模式的过程中要匹配协调二者的运作组织，统筹兼顾二者的优势特点，有机结合两种模式才能实现降本增效目标。

（3）立足乡村，因地制宜。新的乡村物流服务模式应当立足于乡村的实际发展水平。乡村不同于城市，缺乏现代化物流基础设施以及专业物流服务人员，并且在道路建设、经济收入等方面也有较大差距。乡村地区现有的大环境短期内难以改变，所以在设计新的物流服务模式时需要做到因地制宜，利用乡村现有产业建设，根据当地地理环境、经济水平、人口结构、发展政策适当调整，强化物流与农业、电商等多个乡村产业的融合，使乡村物流和乡村经济协调发展，从根本上立足乡村实际。

## 2.3 基于共同配送和众包配送的乡村物流服务模式

通过2.1节中对乡村物流供需特点分析和2.2节中乡村物流服务模式设计思路与原则的梳理，现如今物流企业配送服务还仅仅停留在乡镇物流网点，新的乡村物流服务模式应着手解决乡村物流成本高以及服务质量低下的问题。众包配送可以有效解决乡村地区居民分散、距离取货点较远难以送货上门的问题，共同配送优势在于可以形成规模经济效应，不仅可以提高物流效率，还可以降低企业成本。因此，为提升乡村物流服务质量，完善乡村物流网络建设，提出基于共同配送和众包配送相结合的乡村物流服务模式，其基本运作流程如图2-1所示。乡村物流市场的服务企业联合成立物流联盟，通过联盟内的订单资源信息共享和集中调度车辆资源加强各乡村的物流资源整合。在原来的乡村物流配送模式中，各物流企业独立配送，现由共同成立的联盟第三方公司统一管理物流订单，在乡镇区域中心建立乡村物流共同配送中心，统一负责区域内物流服务，统一集货、统一仓储和统一配送。

在末端配送过程中，物流联盟与当地居民、公交司机、乡村超市等拥有时间和意愿的个人或机构签订合约条款开展合作，将部分订单交由众包配送员完成。这种模式改变了此前只有专业物流公司承担末端配送服务的现状，通过将部分业务订单转移给众包配送员完成，不仅可以降低物流成本，并且拥有客户满意度高、服务灵活性强等优点。物流联盟建立共同配送和众包配送服务信息平台，并开发和应用APP，运作流程如图2-2所示。所有想在该APP上发布或获取订单信息的用户都必须使用真实身份信息并通过相关测试。末端众包配送服务流程具体如下：首先，货物运输至乡村物流共同配送中心后，共同配送中心的信息平台立刻录入货物信息并发信息给收货人；第二步，收货人在APP上确定货物的交付地点和时间要求以及是否需要购买保险服务；第三步，APP根据众包配送员的信用评级智能推送一批众包任务，若地点或时间有变动，收货人可与众包配送员实时协商；第四步，配送员根据自己的实际情况自由选择众包任务并将货物安全、及时地交付收货人，在配送货物的全过程中，信息平台会对配送员的地理位置进行实时跟踪；第六步，收货人在APP上确认收货，众包任务完成。

为防止配送过程中出现意外，每月月底需应对众包配送员进行审核，主要内容包括但不限于对配送员的选拔、信用考核、培训、监督等。其中，应对众包配送员设立一定的准入条件，如拥有居民身份证、配送车辆的驾驶执照、智能手机等通讯工具、个人信用证以及存款金额大于货物交付前所载货物价值的银行卡及卡号。关于配送员的培训则由物流联盟中的各企业统一组织，着重培训诚信管理体系、突发情况应对和平台运营等电子商务与物流相关的业务能力。同时，应定期对配送员就业务水平展开绩效考核，并设立合理的奖惩机制，以激励众包配送员持续改进物流服务水平。

分拨中心

分拨中心

分拨中心

配送员

乡村

乡村

乡村

干线运输

共同配送

乡村物流共同配送中心

APP信息平台

信息传递

取货

信息发布

配送

乡村物流企业

乡村物流企业

乡村物流企业

…

…

…

信息确认

图2-1 基于共同配送和众包配送的乡村物流服务运作流程

注册

登录

平台上 发布信息

系统计算价格

下单付费

配送员通过选拔考核

配送员

抢单配送

代取包裹送至顾客

完成订单 交易

双向信息交流

图2-2 基于共同配送和众包配送的信息平台运作流程

# 3 乡村物流网络优化问题建模与求解

## 3.1 问题描述

随着移动互联网技术的不断发展和普及应用，乡村居民对乡村物流的配送服务水平与时效性提出了更高要求，在保持低成本的情况下，如何准确快速地将货物送至顾客手上是乡村物流面临的主要挑战。根据乡村物流市场现状，具体实施基于共同配送和众包配送相结合的物流服务模式，需要进一步优化乡村物流网络，加入物流联盟的服务企业提供城市工业品、农业生产资料下乡配送和乡村农产品进城揽收、集货储存和运输送达等服务。因此，本文制定乡村物流网络优化方案的目标主要考虑以下几个方面：

（1）着重提高乡村物流网络运行效率。当前乡村物流网络运行效率较低，客户满意度不高。物流企业在客户心中的声誉根本保证在于满足客户需求，只有优化物流网络布局，提高乡村物流客户满意度，才能最大程度地保留客户，进而增加物流企业经济效益，乡村物流才能长续发展。

（2）科学选择配送车辆以最小化乡村物流网络的总运行成本。企业经营的目的始终是追求经济效益最大化，总成本的大小将直接影响企业的经济效益。因此，根据乡村物流货物配送规模、频次等特点科学选择不同载重吨位的配送车辆以及配送车辆的数量，有利于实现网络总运行成本最小化，从而提高物流企业经济效益。

（3）合理安排乡村物流网络的配送路径。乡村物流网络的配送能力有限，尽管在新模式下配送资源紧张的情况有所缓解，但提高配送能力在一定程度上会增加配送成本，所以需要合理安排配送路径，在物流网络配送能力有限的约束下最大化乡村网络的配送效率，提高客户满意度。

综上所述，基于共同配送和众包配送乡村物流服务模式的物流网络优化问题表述如下：物流联盟共建的乡村物流共同配送中心负责下辖村落所有货物的取送服务，已知辖区内服务节点集合M（1,2,…m），他们的需求分别为（i=1,2,…m），时间窗要求为，每台配送车辆以v的速度从配送中心出发，完成一系列配送任务后返回配送中心，每个客户节点都只能被一台配送车辆服务，期间当行驶至客户i的时间早于，则等待；而晚于则会造成一定的延时成本，每台配送车辆携带的总货物重量不超过最大载重量Q。在满足客户时间窗内配送以及车辆载重等约束条件下，科学合理规划从乡村物流配送中心出发进行配送任务的配送车辆数以及各车辆的行驶路径，得到使物流企业总成本最小的优化方案。

## 3.2 模型刻画与分析

### 3.2.1 模型假设

为方便构建乡村物流网络优化模型，本文做出如下假设：

（1）所有配送车辆类型一致，配送速度相同且为定值。

（2）各乡村服务节点的位置、物流需求量和时间窗要求均已知。

（3）所有的服务客户所在乡村均在乡村物流服务中心辖区内。

（4）众包车辆获取订单需去乡村物流配送中心挂靠，所有车辆从乡村物流

配送中心出发，配送完后返回配送中心。

（5）每个客户订单只能由一台车辆服务，但一台车辆可以服务多个客户。

（6）物流联盟的车辆有限，众包配送的车辆充足，只有当物流联盟的车辆

全被使用，众包配送车辆才会进行服务。

### 3.2.2 符号说明

根据上述假设，乡村物流网络优化模型相关参数含义见表3-1。

表3-1 模型相关参数

|  |  |
| --- | --- |
| **参数** | **含义** |
|  | 服务节点集合，其中0为乡村物流服务中心 |
|  | 配送车辆集合,1至为物流联盟配送车辆，+1至为众包配送车辆 |
|  | 每台物流联盟车辆固定成本 |
|  | 每台众包配送车辆固定成本 |
|  | 车辆平均路径成本 |
|  | 单位时间延迟成本 |
|  | 服务节点i的延迟时间 |
|  | 服务节点i的所要求的时间窗 |
|  | 到达服务节点i的时间 |

续表3-1 模型相关参数

|  |  |
| --- | --- |
| **参数** | **含义** |
|  | 车辆从节点i运行至节点j的时间 |
|  | 服务节点i的需求量 |
|  | 每台车的最大承载量 |
|  | 消除车辆路径子回路的变量 |
|  | 节点j与节点j之间的直线距离 |
|  | 0/1变量，为1表示车辆k由节点i去往节点j服务，反之则为0 |
|  | 0/1变量，为1表示车辆k服务于节点i，反之为0 |
|  | 配送车辆在服务节点i的等待时间 |
|  | 在服务节点i的进行服务的时间 |
|  | 配送车辆k的工作时间窗 |

### 3.2.3 模型构建

以总成本最小化为目标，乡村物流网络优化模型如下:

 （3-1）

s.t.

 （3-2）

 （3-3）

 （3-4）

 （3-5）

 （3-6）

 （3-7）

 （3-8）

 （3-9）

 （3-10）

 （3-11）

目标函数（3-1）表示配送总成本最小化，其中第一项为物流联盟配送车辆的固定成本，第二项为众包配送车辆的固定成本，第三项为配送车辆路径成本，第四项为配送超时的惩罚成本；约束（3-2）和（3-3）表示每个服务节点仅有一辆配送车辆进行服务，每一辆配送车辆只有一条配送路径；约束（3-4）表示进行每一个服务节点的车辆进出约束平衡；约束（3-5）表示每一辆配送车辆以配送中心为起点出发，完成配送任务后均返回配送中心；约束（3-6）表示车辆的最大重量限制；约束（3-7）表示车辆在工作时间窗内进行配送服务；约束（3-8）表示节点i至j的时间约束；约束（3-9）表示客户节点i的延迟时间；约束（3-10）和（3-11）是为防止配送车辆的路径产生子回路。

## 3.3 模型求解方法

### 3.3.1 求解方法选择

网络优化模型求解方法一般分为精确算法和启发式算法，两种算法各有优缺点，适用于不同性质的问题。精确算法利用严格的数学方法达到获取最优解的目的，其得出来的最优解普遍优于其他算法，但精确算法如分支定界法、切平面法等一般适用于小规模问题，问题规模的增大将会导致精确算法的时间复杂度呈指数级增加。不同于传统的精确算法，启发式算法可能在求解的精度上较弱，但是它可以在可接受的有限时间内寻得一个较优解。遗传算法作为一种普遍应用的启发式算法，不仅鲁棒性强，而且拥有很强大全局搜索能力，同时计算效率较其他启发式算法更高，这些特性与优势使得遗传算法经常应用于解决大规模优化问题。乡村物流网络优化问题的计算量随着服务节点个数以及路段数呈指数级增加，精确的最优解只有在问题规模较小时才有可能取得。基于此，本文选择运用遗传算法求解乡村物流网络优化模型。

遗传算法是仿照生物在自然进化过程中基因遗传和变异的全局自适应搜索优化算法。根据达尔文的自然进化学说，生物在自然界中想要生存下去，就必须不断竞争，种群中对自然环境适应度更高的个体更有机会将自己的有利基因遗传给后代。算法在不断搜寻找最优解的过程中，种群中父母双方的染色体中的基因发生遗传、变异与交叉，使搜索出来的“解”不断变化，再按照“物竞天择，适者生存”的原则输出最优解。

### 3.3.2 求解算法设计

遗传算法在寻优过程中，首先将解空间的解运用一定的“编码”方法映射为一个染色体，每一个染色体都被视为一个个体，每个个体代表一个解，不同个体组成的种群构成一个解空间，算法流程如图3-1所示，具体方案设计如下：

初始种群随机生成

选择

是否满足停止条件

交叉

变异

生成子代种群

输出搜索结果

是

二元锦标赛选择

精英保留策略

保留父代优秀子路径的交叉算子

2-opt算法

否

图3-1 遗传算法流程

1. 个体编码

本文采用的是个体编码方法，一个染色体即代表一个解。在编码时，每个服务节点被视为染色体上的一个基因，n个基因即n个节点以特定序列编码在染色体上。用0表示配送中心，正整数1-n表示各个服务节点。因为每台配送车辆都从配送中心出发并且最后返回配送中心，所以不同配送车辆的配送路线就用0来区分。例如一共有8个服务节点，配送中心派出3台车辆进行配送服务，这3辆车配送路线为第一辆车：0-7-8-0；第二辆车：0-5-3-4-0；第三辆车：0-6-2-1-0。所代表的染色体中基因序列如下：0,7,8,0,5,3,4,0,6,2,1,0。

1. 初始解生成

本文中的个体通过随机生成多段不同的路径序列拼接而成，按此方法生成若干个体组成的初始种群构成一个初始解空间，空间中的每个个体分别对应所研究问题的一个解。

1. 适应度函数

遗传算法借用生物学中适应度来衡量种群中即解空间的各个解的优良程度。应用在乡村物流网络优化问题中，将总成本函数作为评价的适应度函数，一个解的总成本越低，它所代表的个体的适应度越优。

1. 交叉算子

在生物的自然繁衍中，父代的染色体进行交配重组从而产生下一代个体，遗传算法中使用交叉算子模拟该环节。交叉算子在遗传算法中举足轻重，既在下一代个体中保留了优秀基因，又为种群的多样性提供了来源，扩大解空间的范围。本文交叉算子具体操作的例子如下：假设现有两个父代个体的基因序列分别为,选取的“0470”片段，将选择的片段置于最前列，为“0470--------”，未选择的基因序列为“256138”，将其按照在中的顺序排列为“236185”。多次随机插入0打断该序列，得到……选择序列中路径成本最小的添加到子代染色体片段中，得到新的完整染色体，即子代个体.

1. 变异算子

遗传算法运用变异算子模拟自然界中生物有一定概率发生基因突变的现象，具体操作如下：对于按一定概率选中变异的染色体，采用2-opt算法进行变异，随机选取两个服务节点i,j，节点i之前与节点j之后的路径不发生改变，节点i与节点j之间的路径节点编号发生翻转产生新的染色体。

1. 选择算子

为体现自然界“优胜劣汰，适者生存”的法则，遗传算法利用选择算子从种群中挑选优秀的个体作为父代进行下一轮的繁衍，即适应度较优的个体更有机会遗传到下一代，对于父代的挑选本文采用的是精英保留策略下的二元锦标赛选择法，具体操作如下：

（1）现有种群X将进行选择，从种群X中随机取出2个个体（放回抽样，种群中的个体相互独立），然后选择其中适应度更优的个体进入一个新的种群Y；

（2）重复操作（1）比较挑选，直至Y的种群规模等同X的种群规模；

（3）运用精英保留策略，合并种群X和种群Y，即若种群Y中不存在比种群X的最优个体更优的个体，就将种群X的最优个体顶替种群Y的最差个体，若存在则合并后的种群仍是Y。这样做的目的是保留历代的最优个体从而收敛得到全局最优解，合并后的种群Y将进行下一轮的繁衍。

# 4 乡村物流服务模式与网络优化的案例分析

## 4.1 案例背景

本文选择武汉市黄陂区王家河街道作为案例研究背景。王家河街道隶属于武汉市黄陂区，地处黄陂区东侧，滠河穿流其间，东联蔡家榨街道，西邻罗汉街道，南接前川街道，北靠木兰乡景区。王家河街道总面积达158.3平方公里，下辖埂子塆、夏庙村、大阳村等多个乡村；人口10万余人，主要集中在滠河上游、木兰水镇周围。王家河街道地靠木兰乡三台山，风景优美，景色宜人，拥有全国著名5A级别旅游景区——木兰草原。木兰草原景区内拥有风筝节、水上乐园、端午龙舟赛等特色主题活动，吸引全国各地的游客前来观赏游玩，2019年接待游客数量突破400万人次。该街道主要经济来源为各类水产养殖基地和茶叶蔬菜基地等农林产业和相应延伸的建材、环保等乡镇工业以及旅游产业。2020年，王家河街道财政收入达12891万元，较上一年同比增加11%，工业总产值达22.53亿元，固定投资达12.7亿元，虽然部分产业如旅游产业受到疫情冲击，但整体经济仍呈现稳中向好发展态势。

近年来，王家河街道围绕建设美丽乡村、打赢脱贫攻坚战大力发展乡村物流。

2019年，王家河街道建立首个村级快递站，通过“快递+特色农产品”的发展模式助力贫困村的居民销售土鸡、菜薹、红梨、脆枣、黄桃等特色农产品。在乡村物流的帮助下，当地农户售卖土鸡得到的一个月纯收入就可达1万元之多。现代乡村物流离不开通畅平整的乡村道路，王家河街道为促进“四好农村路”与美丽乡村建设融合发展，制定出台了《2018-2020年农村公路提档升级计划》，着重对25条总长66.8公里的通村、通湾公路进行维修升级，新建54条总长31.8公里的通湾公路，道路从3.5米扩宽至4.5米，通过疏通乡村公路的“毛细血管”，使其无缝对接省市道路。畅通无阻的道路极大地促进当地物流发展，截止到2021年年底，王家河街道拥有各类公路304条，总里程数达336.8公里，现有23处电子商务服务站，共同构成农产品和工业品双向流通的完整物流配送网络。同时，王家河街道发达的特色农产品产业吸引了一批电商企业入驻，既方便慕名而来的游客购买农产品，又促进当地乡村电子商务发展，提高村民生活质量。

## 4.2 乡村物流服务模式优化

虽然王家河街道乡村物流已经有一定发展，但从事主要物流活动的网点仍是位于当地街道中心的中国邮政三农配送中心和一家快递超市（见图4-1）。可见，王家河街道现行物流服务仍属于传统服务模式，货物从黄陂区配送中心转运至街道上的物流网点后，即通过微信、短信或电话等方式通知客户自提取货。



图4-1 王家河街道主要物流网点分布

邮政三农配送中心承担王家河街道的主要乡村物流功能，如根据武汉市三农服务运营部安排的农产品订单统一收购农产品，与上级邮政中心核对订单无误后统一通过邮政储蓄所发放农户资金，安排投递员收集乡村农户的农产品供需信息，配送到户或通知农户到镇上自取货物。目前邮政物流服务的主要问题仍然是服务效率较慢，服务周期过长。王家河街道的快递超市规模较小，且未与顺丰、申通、中通等头部快递公司展开合作，不是一个综合的乡村物流网点，居民可选择的快递公司较少。总体来看，王家河街道在物流末端配送上的问题依旧突出，服务模式若能优化改进，将有利于提升该区域的物流服务水平，促进王家河街道经济发展，提高当地居民生活质量。

本节根据第2章设计的基于共同配送和众包配送的乡村物流服务模式，对王家河街道物流模式具体优化步骤如下：

（1）由当地政府牵头，中国邮政与顺丰、韵达、圆通、中通等快递企业之间开展战略合作，签订相关协议，组成物流联盟，建立并运营一个共同配送中心为各企业的客户提供物流服务。联盟中各企业共同商议制订运输和配送方案，共同分担配送费用，共享配送收益，避免了之前各公司单打独斗的状态，通过形成规模经济大幅度降低企业运作成本。

（2）依托邮政三农配送中心建设乡村物流共同配送中心，整合各企业的配送员、配送车辆等终端资源，强化王家河街道的物流配送能力。同时与街道上的快递超市展开合作设立收发网点，扩大乡村物流的服务范围，当货物转运至街道上的快递超市后，客户可以选择送货上门也可以选择自行提货，给予客户自由选择，提高乡村物流的服务水平。

（3）与互联网公司合作开发如美团众包的众包信息平台APP，在平台上实时发布众包任务，通过村委会、微信公众号和海报向有意愿有时间的群众宣传介绍众包配送，鼓励熟悉当地风土人情的社会人士报名参加，由于本地居民熟悉当地环境，且居民之间较为熟悉，客户有一定的安全感。对于报名人员，首先检查核对报名人员的身份证信息，对他们进行相关培训，为保护高价值货物，只有那些绑定银行卡的人员才能参与配送，相应的得到的薪资也会更多，该平台将构建一个配送信用评级体系，众包配送模式下，会对不同层级的众包配送员进行分层推送。当地群众参与众包配送不仅可以增加众包物流参与度，整合利用社会闲散运力，还能完成端到端的精准配送，增加乡村居民的额外收入，为乡村脱贫攻坚战做出贡献。

## 4.3 乡村物流网络模型与求解

### 4.3.1 数据收集

案例中所需要收集的实际数据为模型中服务节点集合M={0,1,2…m} 的地理位置信息。经过调研，考虑到当地人口实际情况，本文选取王家河街道人口较多的33个村庄作为服务节点（见图4-2）。为取得各节点的地理位置信息，本文确定集合中的每一个乡村服务节点后，根据所需要的乡村服务节点，通过百度地图坐标拾取器得到每一个乡村服务节点的经纬度，接着运用Python编写高斯投影换算程序将各乡村服务节点的经纬度映射到平面直角坐标系中，得到各节点的直角坐标（x，y）并记录在Excel中，然后以乡村物流共同配送中心作为原点（0，0）相应变换其他乡村节点的平面坐标。



图4-2 王家河街道物流服务节点分布

### 4.3.2 数据处理

通过百度地图得到的经纬度不能直接在平面坐标系上反映各服务节点的位置信息，需要通过高斯投影换算映射在平面坐标系上，服务节点的经纬度换算流程如下，换算后各个节点的直角坐标见表4-1。例如：运用百度地图查找李家小塆的经纬坐标为（114.447053，30.96418），经过高斯投影换算程序得到直角坐标为（12740187.6627506，3628098.10865815）。因为各村庄都隶属于王家河街道，所以坐标之间的差异非常小，横坐标与纵坐标的差异分别从万位和千位开始，处理取整得到（40188，8098）。王家河街道的快递超市与邮政三农配送中心两个主要物流网点由于位置距离接近，在分析中合并视为一个乡村物流共同配送中心，物流配送中心的坐标经过之前流程变换为（38132，8450），将其作为原点（0，0），则李家小塆的坐标相应换算为（2056，-352）。

模型中要求得知服务节点i的延迟时间 ，如果得知客户的时间窗即可计算出服务节点的延迟时间。根据经验本文将配送中心的服务时间设置为上午8时至下午7时，为方便计算本文将从配送中心出发的时间上午8时设置为0，进行配送服务的时间窗则为（0，11），服务节点所要求的时间窗均按此表示，如大阳村的服务节点时间要求是（0，6），对应的实际时间则为上午8时到下午2时之间，各服务节点的时间窗见表4-2：

表4-1 服务节点直角坐标

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 地址 | 夏庙村 | 大塆杜 | 茶棚李 | 万钟李 | 宋家垱 | 上院子 | 富家洼 | 李家小塆 | 应东塆 | 袁家上塆 | 袁下湾 |
| x | -714 | 128 | 1644 | 2116 | 620 | 2804 | 1564 | 2056 | 2700 | 2908 | 2164 |
| y | 1250 | 1251 | 1237 | 1856 | 2314 | 1189 | -1223 | -352 | -235 | -1633 | -2027 |
| 序号 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 地址 | 大阳村 | 吴正口 | 港口陈 | 王家岗 | 钱家咀 | 胡家咀 | 李家山 | 詹家寨 | 李寨村 | 细塆骆 | 新庙余 |
| x | 3940 | 628 | 60 | 724 | 1924 | 1276 | -12 | -3422 | -3116 | -3244 | -2476 |
| y | -1995 | -2333 | -2847 | -2952 | -2759 | -3410 | -3965 | -1357 | 940 | 71 | -733 |
| 序号 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| 地址 | 军陈塆 | 快岭村 | 上店 | 王家田 | 吴家大塆 | 谢家畈 | 张家畈 | 万家畈 | 埂子塆 | 下凹杨 | 程家岗 |
| x | -2660 | -3900 | -2708 | -3524 | -2820 | -2876 | -1404 | -1200 | -1196 | -3080 | -2244 |
| y | -1899 | -1923 | -3354 | -3563 | -4393 | -4940 | -4835 | -2040 | 263 | 1326 | 1560 |

表4-2 服务节点时间窗

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 地址 | 夏庙村 | 大塆杜 | 茶棚李 | 万钟李 | 宋家垱 | 上院子 | 富家洼 | 李家小塆 | 应东塆 | 袁家上塆 | 袁下湾 |
| 时间窗 | (0,9) | (1,9) | (1,11) | (0.6) | (2,6) | (3.9) | (5,9) | (4,9) | (2,9) | (0,9) | (0,11) |
| 序号 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 地址 | 大阳村 | 吴正口 | 港口陈 | 王家岗 | 钱家咀 | 胡家咀 | 李家山 | 詹家寨 | 李寨村 | 细塆骆 | 新庙余 |
| 时间窗 | (0,6) | (0,4) | (3,6) | (7,11) | (5,7) | (3,9) | (2,10) | (2,7) | (7,9) | (9,11) | (5,11) |
| 序号 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| 地址 | 军陈塆 | 快岭村 | 上店 | 王家田 | 吴家大塆 | 谢家畈 | 张家畈 | 万家畈 | 埂子塆 | 下凹杨 | 程家岗 |
| 时间窗 | (2,8) | (4,11) | (0,8) | (0,9) | (1,9) | (0,9) | (0,11) | (1,10) | (1,8) | (2,7) | (9,11) |

在实际情况中，企业所使用的配送车辆大部分为电动三轮车，众包配送员多使用电动车、共享单车或者步行。综合考虑，本文将物流联盟的配送车辆和众包配送的车辆参数统一设置如下：行驶速度为20km/h，车辆最高载重量为1吨，单位距离成本设置为0.35元/km，每个节点服务所需要的时间统一设为3分钟，时间惩罚系数为0.6元/min，物流联盟配送车辆的固定成本为23元/台，众包配送车辆固定成本为20元/台，物流联盟的配送车辆为3台。遗传算法的参数设置见表4-3。

表4-3 遗传算法参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数 | 参数意义 | 数值 |
| ngen | 算法迭代次数 | 700 |
| popSize | 族群规模大小 | 100 |
| cxpb | 交叉算子 | 0.8 |
| mutpb | 变异算子 | 0.1 |

### 4.3.2 模型求解

本文采用Python编程方法，运用2-opt改进的遗传算法对3.2.3节中构建的模型进行求解，对程序运行50次以保证最终选取结果科学有效，模型求解迭代过程如图4-3所示：

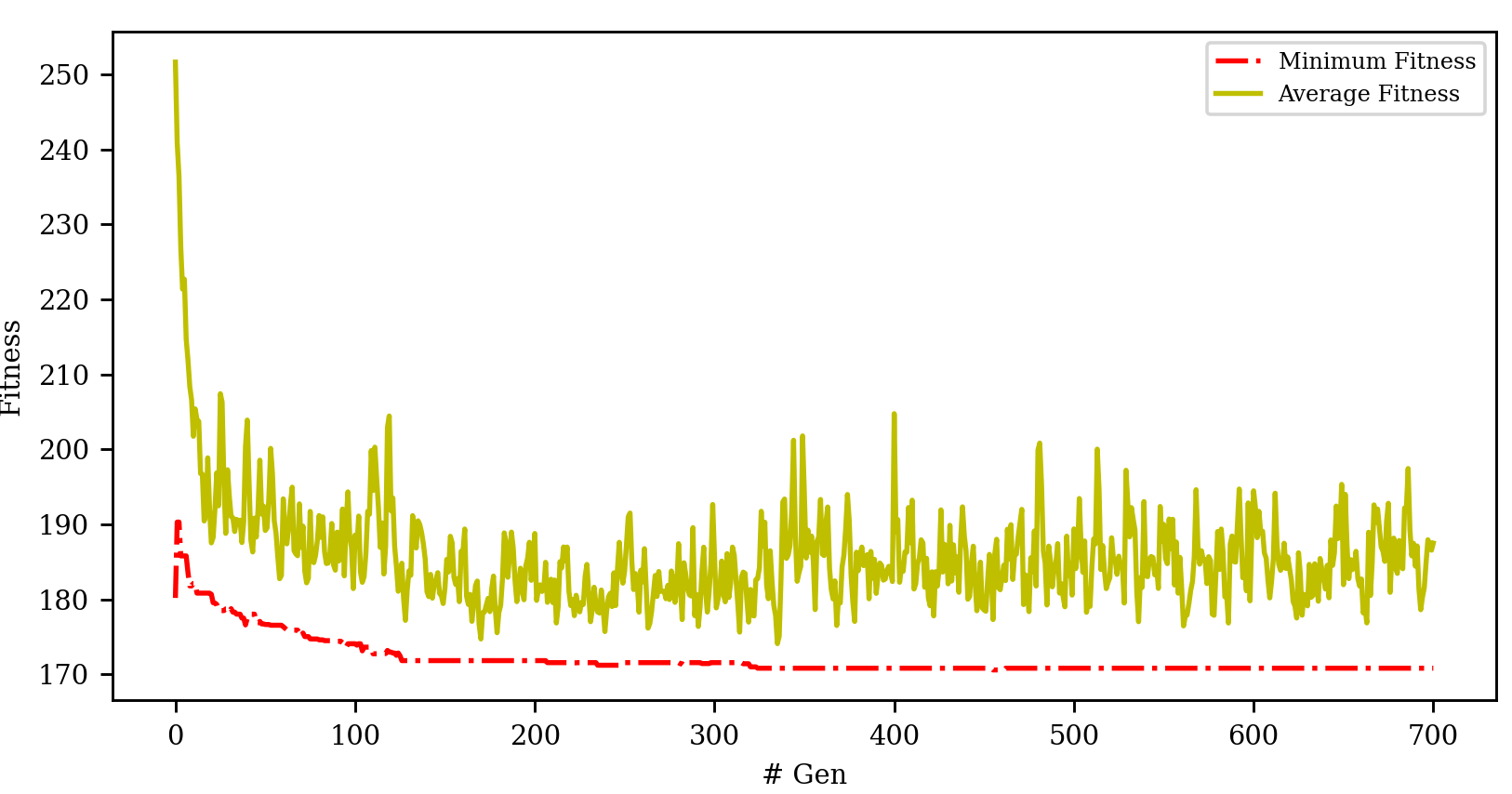


图4-3 算法迭代

图4-3共有两条曲线，其中位于上方的曲线代表种群的平均适应度，位于下方的曲线代表种群中最优个体的适应度。可以直观发现算法在寻优的初始阶段，代表最优个体的曲线快速陡峭下降。随着种群不断迭代繁衍，最优曲线逐渐趋于平稳，最后在第324代时产生最优个体。

因为种群中的个体均是随机生成，所以刚开始进行优化迭代时初始种群的平均适应度与最优个体适应度均比较差。但是随着种群不断进化迭代，遗传算法依靠着自身的自动寻优机制使得种群在迭代过程中不断向更优解方向靠近收敛。当种群中的最优个体逼近所求问题的最优解后，最优曲线便趋于平稳，在图4-3中显示，从120代开始最优曲线逐渐稳定，直到迭代至第324代产生一个改进幅度较小的最优解。不同于个体最优曲线，位于上方代表种群平均适应度的曲线在短暂快速下降后仍然保持很强的波动性，这是因为遗传算法模拟的是自然界生物不断进化的过程，在种群的繁衍过程中，虽然大部分子代会继承父代的优点表现更好，但是由于基因突变、环境选择等原因仍然会产生部分较差的子代，导致种群平均适应度曲线在下降过程中存在一定的波动性。本文得到的求解迭代图不仅证明了本文设计的遗传算法对于解决乡村物流网络优化问题具有可行性，也显示了本文构建的乡村物流网络优化模型的合理性。

## 4.4 结果分析

1）优化结果

模型求解最优结果一共产生6条车辆路径，每台车的详细配送情况在表4-4中列出，车辆配送路径如图4-4所示。可见，各配送车辆访问节点顺序如下：

表4-4 车辆配送路径

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 配送车次 | 配送路径 | 车辆是否超载 |
| 1 | 0, 2, 5, 4, 6, 3, 0 | 否 |
| 2 | 0, 31, 20, 32, 33, 1, 0 | 否 |
| 3 | 0, 23, 25, 28, 29, 18, 17, 14, 13, 0 | 否 |
| 4 | 0, 7, 0 | 否 |
| 5 | 0, 8, 9, 12, 10, 11, 16, 15, 0 | 否 |
| 6 | 0, 30, 27, 26, 24, 19, 21, 22, 0 | 否 |

物流联盟配送车辆1：配送中心→大塆杜→宋家垱→万钟李→上院子→茶棚李→配送中心；

物流联盟配送车辆2：配送中心→埂子塆→李寨村→下凹杨→程家岗→夏庙村→配送中心；

物流联盟配送车辆3：配送中心→军陈塆→上店→谢家畈→张家畈→李家山→胡家咀→港口陈→吴正口→配送中心；

众包配送车辆 4：配送中心→富家洼→配送中心；

众包配送车辆5：配送中心→李家小塆→应东塆→大阳村→袁家上塆→袁下湾→钱家咀→王家岗→配送中心；

众包配送车辆6：配送中心→吴家大塆→王家田→快岭村→詹家寨→细塆骆→新庙余→配送中心；

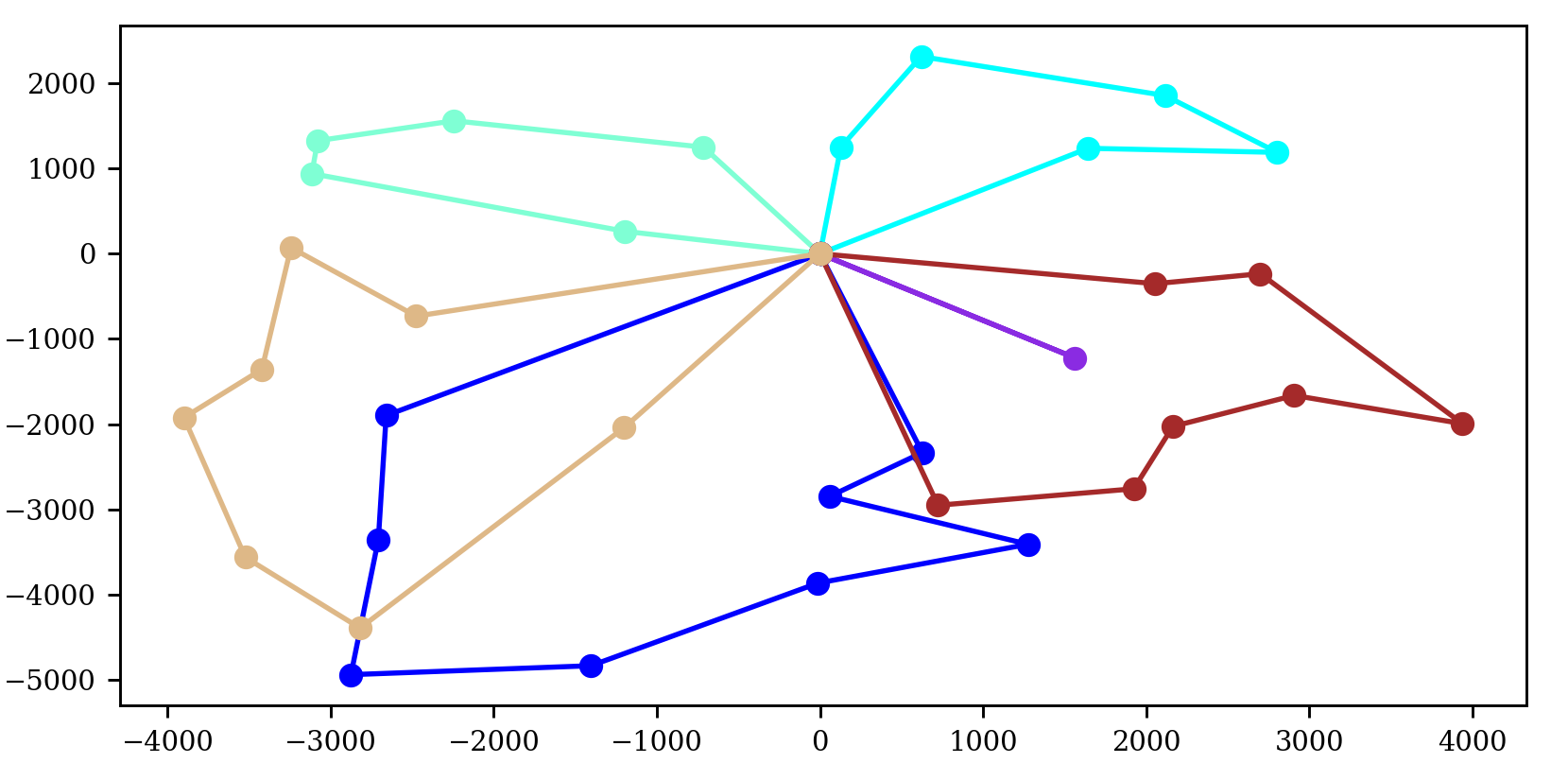


图4-4 车辆配送路径

模型求解结果显示：除了5号配送车辆在服务10号客户节点时迟到3.6分钟和12号客户节点迟到7.8分钟以外，其余车辆均在客户所要求的时间窗内提供服务，且所有车辆均未超重，总配送成本为170.2元，所有车辆总行驶距离为60736.6米。

在利用遗传算法对乡村物流网络优化问题进行求解的过程中，可以发现每次得到的最佳适应度都有一定程度上的不确定性，这是因为遗传算法的搜索方法具有一定的随机性。在遗传算法运行过程中，其交叉算子、变异算子、选择算子都会随机生成相应的随机数，随机数的生成质量对遗传算法的搜索性能有着显著影响，所以即使每次运行的参数一样，最后所得到的最优解也会有较大差异。另外各参数所影响的搜索性能不一致，所以在求解过程中常常要不断调试参数或者根据社会经验设置参数，这就导致每次求得的最优解会产生不确定性。在本文中，程序共运行50次产生了多个不同解，部分解相较于本文选择的解总成本更低，例如为149.9元，但是这种解却对3个客户节点有延迟，共迟到了3.39小时。没有选择该解的原因是尽管在成本上略微占优，在服务水平上却表现不佳。虽然模型的目标函数是配送总成本最小，但是对于降低成本和提高服务水平两个优化方向，在成本可降低空间不大的情况下，提高服务水平的优先级更高。

2）模式对比分析

一般情况下由于成本、需求等原因，企业在一个乡镇的配送车辆不会太多，根据经验本文将原有物流服务模式下企业的配送车辆数同样设置为3台，由于共同配送能够有效整合物流资源，所以原有物流服务模式下的车辆固定成本较物流联盟的车辆固定成本更高，设置为25元/台。其余参数相同，根据遗传算法得到的对比结果见表4-5。

表4-5 服务模式结果对比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **物流服务模式** | **总行驶路程** | **总延迟时间** | **总成本** | **延迟服务个数** |
| 原有物流服务模式 | 46692米 | 3.7小时 | 312.5元 | 4 |
| 基于共同配送与众包配送相结合的 物流服务模式 | 60737米 | 11.4分钟 | 170.2元 | 2 |

可知新的物流服务模式可以大规模降低乡村物流的延迟时间，提高客户满意度。虽然新的物流服务模式的总行驶路程相较传统模式多23.1%，但总成本降低45.5%，且服务质量不仅没有由于行驶总路程的增加而降低，反而具有高质量的服务水平，只有2个客户节点的配送延迟了11.4分钟。而原有物流服务模式下对4个客户节点一共延迟了3.7个小时，新的配送模式相较原有物流服务模式极大缩短了延迟配送时间，客户满意度大幅度提升。同时由于原有物流服务模式下运力有限，配送员会为了少返回配送中心取货，往往选择超载配送，这对配送员人身安全，道路安全以及货物安全都造成了严重的威胁。根据上述分析可知，本文提出的基于共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式在服务水平、配送成本方面相较于传统乡村物流服务模式都更具优势。

3）灵敏度分析

在共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式中，物流联盟的配送车辆与众包配送的车辆的固定成本有所不同，为进一步体现新的乡村物流服务模式相较原有物流服务模式的优势，不同固定成本对优化结果的影响见表4-6。

表4-6 不同固定成本对优化结果的影响

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | Gap\_C |  |  | Gap\_LT |
| 24 | 20 | 26 | 172.2 | 316.5 | 45.6% | 2.82 | 3.73 | 24.4% |
| 25 | 20 | 27 | 177.5 | 322.1 | 44.5% | 2.25 | 2.64 | 14.8% |
| 26 | 20 | 28 | 180.5 | 326.5 | 44.7% | 1.91 | 3.73 | 48.8% |
| 26 | 22 | 28 | 188.4 | 328.4 | 42.6% | 1.78 | 3.45 | 48.4% |
| 26 | 24 | 28 | 199.2 | 325.7 | 38.8% | 2.25 | 3.7 | 39.5% |

表中代表物流联盟车辆的固定成本，代表众包配送车辆的固定成本，代表原有服务模式下配送车辆的固定成本，和分别代表基于共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式与原有物流模式下的平均运行成本，和分别代表基于共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式与原有物流服务模式下的平均延迟时间，可知新的模式在成本和服务水平上均优于原有物流服务模式，平均减少成本43.3%，减少延迟时间35.2%。

综上所述，本文提出的乡村物流服务模式与网络优化模型具有可行性与有效性，同时随着乡村电子商务市场的不断扩大，乡村与城市之间的物流活动不断增加，该物流服务模式的优势将进一步凸显。

# 5 总结与建议

## 5.1 研究结论

为了提高乡村物流的配送效率，提升乡村物流整体服务水平，本文对乡村物流运作现状进行分析，提出基于共同配送和众包配送相结合的乡村物流服务模式，旨在解决乡村物流成本居高不下和物流服务水平低这个痛点问题。具体地，本文研究工作总结如下：

1）设计提出基于共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式

目前我国乡村物流市场潜力很大，针对乡村物流现阶段网点分布不均、配送成本高、专业人才缺乏等问题，本研究设计出基于共同配送和众包配送相结合的乡村物流服务模式，各企业通过组建物流联盟和共同配送中心，集中整合调度物流信息资源，提升物流流量形成规模效应以降低运作成本，与当地社会闲散人员和快递超市合作，将部分订单转移给众包配送员以降低投入成本，在电子商务市场不断下沉到乡村的大趋势下最大化降低物流企业总成本，提高乡村物流服务水平，切实满足乡村地区居民的物流需求。

2）建立基于共同配送与众包配送相结合的物流网络优化模型

根据基于共同配送与众包配送相结合的物流服务模式设计思路，提出了相应的乡村物流网络优化问题，构建基于共同配送与众包配送相结合的物流网络优化模型，在满足配送货物重量不超过车辆最大载重的前提下，引入延时惩罚函数来衡量到达客户的时间是否在客户要求的时间窗内，以共同配送的总成本最小化为目标函数，从乡村物流服务模式的实际情况出发，建立相应的约束条件，对乡村物流网络配送服务路径进行合理优化。

3）基于共同配送与众包配送相结合的物流服务模式案例研究

将共同配送与众包配送相结合的乡村物流模式与物流网络优化模型应用于武汉市黄陂区王家河街道的实际案例中，对比分析和验证基于共同配送与众包配送相结合的乡村物流服务模式和物流网络优化模型的可行性与有效性，结果表明该物流服务模式能够有效降低乡村物流企业的配送成本，提升乡村物流服务水平与配送效率，增加乡村居民的就业岗位与相互信任度，提高乡村居民的物流服务体验，为整合社会运力资源和乡村经济发展做出贡献。

## 5.2 政策建议

1）加大乡村物流基础设施建设力度

对乡村物流的发展而言，完善的基础设施建设无疑具有极大的促进作用。我国乡村物流发展仍处于初级阶段，加大对乡村物流基础设施建设的投入，对提高乡村物流效率有着显著影响。目前乡村物流基础设施得到的扶持力度不足，因而各级政府部门应加强对乡村物流基础设施建设的支持力度，以切实提高乡村物流服务水平。

2）加强乡村物流信息化建设

在乡村的市场交易中，农产品的供求变化、价格升降等市场信号，是农户与乡村企业开展针对性农产品生产、销售和物流的关键信息，目前乡村地区的信息化水平较低，导致乡村物流的关键信息具有迟滞性和不太准确，因而应加大对乡村物流的信息化建设，从而降低农户与乡村企业的经营风险。此外，乡村电商发展水平的提高、交易成本的降低、运输效率及物流服务水平的提升等，同样依赖于乡村物流信息化水平的提高。

3）制定乡村经济与乡村物流协同发展的政策和方针

乡村物流作为乡村经济的组成部分之一与乡村经济紧密联系，相互影响。乡村物流的发展会对乡村经济体系分工、农业现代化发展及城乡经济一体化等产生重要影响，同时乡村经济的发展也会决定乡村物流的需求和发展。因此，政府应充分考虑相关政策将对乡村经济带来的长期影响，以乡村物流与乡村经济协同发展为目标，制定合理的发展政策与方针。

4）加强对乡村专业物流人才的培养教育与先进技术应用

现代物流离不开先进的物流技术以及专业物流人才，然而当前乡村地区由于技术应用、经济条件所限，农产品的流通还处于运输效率低下、运输损失严重的初级阶段。在此情况下，加大对乡村物流专业人才培养力度，提高乡村物流经营管理人员的文化素质及服务水平，实现乡村物流技术的更新换代与不断创新，是解决这一问题的关键手段。

## 5.3 研究展望

本文对乡村服务模式设计以及相应的物流网络优化问题进行了专题探讨，达到了预期研究目标。然而，由于作者学术水平、研究时间和经验等因素的限制，本论文相关内容有待进一步研究：

（1）本文没有在企业车辆与社会人员的配送路径上做具体区分，现实情况中部分众包车辆在完成众包配送任务后不返回配送中心，在货物配送方式的选择上，则可以设立一个响应时间，当一个货物停留在网点内的时间超过时，则企业自营配送该货物，考虑到配送员的具体服务特点，在众包配送和企业自营配送的速率、最大载重量等参数的设置上也应有所不同，这种区别造成的差异性有待进一步研究。

（2）构建的乡村物流网络优化模型的目标函数较为简单。本文设置的目标函数仅为配送总成本最小，在实际情况中低成本与高水平服务往往难以同时满足，如何在可接受的成本范围内提供更高质量的物流服务水平，二者关系该如何抉择值得深入探索。

（3）本文中配送车辆的行驶路线均是直线距离，对配送距离进行比较时也运用直线距离，现实情况中乡村路况复杂多样，还有河流等不同地形地貌，在未来的研究可以考虑实际地理信息带来的影响。

（4）在考虑总成本时没有考虑配送车辆提前到达服务节点等待造成的时间成本，在总成本计算方面还可以进一步细化。

# 致谢

大学四年的时间伴随着本文的完成而悄然结束，回望大学四年，有欢乐、有遗憾。高中时，我曾在日记里写下我一定要考上华中科技大学，美景容易别，韶华更难留，如今我即将在这里结束我的本科阶段的学习，在大学期间有许许多多的人给了我帮助，在此向他们表达我的感谢和感激之情。

首先感谢刘志学老师对我的谆谆教诲，不辞辛劳地批改我的论文，没有他我无法顺利地完成本文。通过本文的撰写，我明白了一篇合格的学位论文的完成需要大量细致的工作，做事做人亦是如此，做事须讲究认真二字，我将秉持着这个理念继续接下来的研究生深造学习。

然后我想感谢我的辅导员张赫，作为一名转专业学生，她在我的大学学习中给予我莫大的帮助，让我顺利地适应不同专业的学习和生活，尽快融入新的班级集体，同时在人生的一些困难时刻，她勉励我走出困境，向着更好的自己出发。

感谢我的同学和朋友们，他们构成了我四年大学的点点滴滴，无论是小组学习还是团队游戏，都是我美好的回忆。尤其是我最好的朋友于敏晴，相逢于困苦之时，感谢她对我人生道路、情感道路、学术道路的帮助，如果没有遇见她我不可能走出人生低潮。

还要感谢我的父母，他们都是普通教师，但始终支持我的各种选择，替我扛下各种生活压力，鼓励我不断提高学历，只需要专心学习。作为家里的独生子，我从小没少给父母惹麻烦，感谢他们对我的养育之恩、对我人生选择的支持和理解，我将成为更好的自己回报我的父母。

最后感谢自己，人生二十载，经历了各种酸甜苦辣，感谢自己没有被所遭受的苦痛所击倒、感谢自己始终乐观、感谢自己仍然积极向上。

大一开学那天的场景还是历历在目，大四毕业却近在眼前，感谢构成了这四年的一切，如今划上圆满的句号。

# 参考文献

1. Aymeric P, Amanda S. Modeling the acceptability of crowdsourced goods deliveries: role of context and experience effects[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2017, 105:18-38
2. Bortolini M, Faccio M, Ferrari E. et al. Fresh food sustainable distribution: cost, delivery time and carbon footprint three-objective optimization[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 174: 56-67
3. Felix N, Andreas M, Christine S. Urban crowd-logistics- monetary compensation and willingness to work as occasional driver[J]. Procedia Computer Science, 2021, 184: 508-515
4. Huang B, Zhu H, D Liu, et al. Solving last-mile logistics problem in spatiotemporal crowdsourcing via role awareness with adaptive clustering[J]. IEEE Transactions on Computational Social Systems, 2021, 99: 1-14.
5. Hayel Y, Quadri D, Jimiez T, et al. Decentralized optimization of last-mile delivery services with non-cooperative bounded rational customers[J]. Annals of Operations, 2014, 239(1): 1-19
6. Mao K, Capra L, Harman M, et al. A survey of the use of crowdsourcing in software engineering[J]. Journal of Systems and Software, 2017, 126, 57-84.
7. [Ghannadpour](https://xueshu.baidu.com/s?wd=author%3A%28SF%20Ghannadpour%29%20&tn=SE_baiduxueshu_c1gjeupa&ie=utf-8&sc_f_para=sc_hilight%3Dperson) S F, [Noori](https://xueshu.baidu.com/s?wd=author%3A%28S%20Noori%29%20&tn=SE_baiduxueshu_c1gjeupa&ie=utf-8&sc_f_para=sc_hilight%3Dperson) S. [Tavakkoli-Moghaddam](https://xueshu.baidu.com/s?wd=author%3A%28R%20Tavakkoli-Moghaddam%29%20&tn=SE_baiduxueshu_c1gjeupa&ie=utf-8&sc_f_para=sc_hilight%3Dperson) R, et al. A multi-objective dynamic vehicle routing problem with fuzzy time windows: model, solution and application[J]. Applied Soft Computing, Part C, 2014, 14:504-527.
8. Tinoco S V P, Creemers S, Boute R N. Collaborative shipping under different cost-sharing agreements[J]. European Journal of Operational Research, 2017, 263(3): 827-837.
9. Thompson R G, Hassall K P. A collaborative urban distribution network[J]. Procedia Social & Behavioral Sciences, 2012, 39: 230-240.
10. Wang Y, Ma X L, Xu M Z, et al. Two-echelon logistics distribution region partitioning problem based on a hybrid particle swarm optimization–genetic algorithm[J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42(12): 5019-5031,
11. Yang F, Dai Y, Ma Z J. A cooperative rich vehicle routing problem in the last-mile logistics industry in rural areas[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2020, 141: 102024.
12. 安然, 董娜, 王硕, 等. 我国农村物流网络节点体系发展思路[J]. 交通运输研究, 2020(2): 13-19.
13. 陈耀庭, 黄和亮. 我国生鲜电商“最后一公里”众包配送模式[J]. 中国流通经济, 2017, 31(2): 10-19.
14. 国务院办公厅. 关于加快农村寄递物流体系建设的意见[J]. 当代农村财经, 2021(10): 44-46.
15. 郭月. 农村电商物流最后一公里车辆路径问题研究[D]. 北京交通大学, 2019.
16. 慕静, 杜田玉, 刘爽, 等. 基于即时配送和收益激励的众包物流运力调度研究[J]. 运筹与管理, 2018, 27(5): 58-65.
17. 潘林, 陶君成, 初叶萍. 基于复杂网络的城乡物流网络重构研究——以湖北省嘉鱼县为例[J]. 物流技术, 2016, 35(9): 47-51.
18. 彭永涛, 杜建国, 罗建强. 基于新型城镇化的城乡配送网络优化研究[J]. 软科学, 2016, 30(5): 136-139.
19. 彭永涛，张锦，陈刚. 供给能力一定条件下的物流网络优化研究[J]. 运筹与管理, 2013, 22(5): 78-83.
20. 沙子茗, 王舒婷, 仇素, 等. 共享经济视角下我国乡村地区最后一公里物流配送模式优化研究[J]. 经贸实践, 2018(7): 1-6.
21. 石永强, 郭铎, 张智勇. 基于共同配送的农村快递车辆调度问题[J]. 交通运输研究, 2021, 7(2): 20-27.
22. 王右文. 农村电商物流资源的优化配置研究——基于供给侧改革视角[J]. 农业经济, 2021(2): 133-135.
23. 熊国文,张敏,许文鑫. 基于众包模式的两级开闭混合车辆路径优化[J].浙江大学学报(工学版), 2021, 55(12):2397-2408.
24. 许茂增, 周翔, 崔利刚, 等. 低配送密度区域快递共同配送模式及利益分配[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(1): 181-190.
25. 杨博,王征兵. 乡村振兴战略背景下甘肃省农产品物流网络构建研究——基于物流引力模型解释[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 15(6):92-100.
26. 杨洁, 周赟俊. 贡献度视角下的生鲜农产品共同配送成本协调策略[J]. 农林经济管理学报, 2021, 20(1): 51-58.
27. 杨萌柯, 周晓光. “互联网+”背景下快递末端协同配送模式的构建[J]. 北京邮电大学学报（社会科学版）, 2015(6): 45-50, 57.
28. 张喜才, 苏驿婷, 孙伟. 电商时代农村物流网络存在的问题及顶层设计探究[J]. 商业经济研究, 2018(7): 130-132.
29. 赵广华. 基于共享物流的农村电子商务共同配送运作模式[J]. 中国流通经济, 2018, 32(7): 36-44.
30. 郑远红. 我国农村物流发展模式的选择分析[J]. 农业经济, 2011(12): 87-89.

# 附录

附表：王家河街道各节点需求

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 地址 | 夏庙村 | 大塆杜 | 茶棚李 | 万钟李 | 宋家垱 | 上院子 | 富家洼 | 李家小塆 | 应东塆 | 袁家上塆 | 袁下湾 |
| 需求 | 120 | 180 | 130 | 130 | 130 | 200 | 120 | 120 | 130 | 120 | 130 |
| 序号 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 地址 | 大阳村 | 吴正口 | 港口陈 | 王家岗 | 钱家咀 | 胡家咀 | 李家山 | 詹家寨 | 李寨村 | 细塆骆 | 新庙余 |
| 需求 | 230 | 200 | 150 | 250 | 250 | 201 | 220 | 120 | 130 | 230 | 130 |
| 序号 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| 地址 | 军陈塆 | 快岭村 | 上店 | 王家田 | 吴家大塆 | 谢家畈 | 张家畈 | 万家畈 | 埂子塆 | 下凹杨 | 程家岗 |
| 需求 | 100 | 240 | 130 | 220 | 230 | 230 | 170 | 190 | 100 | 130 | 120 |

遗传算法代码：

## 环境设定

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

from deap import base, tools, creator, algorithms

import random

params = {

'font.family': 'serif',

'figure.dpi': 130,

'savefig.dpi': 150,

'font.size': 8,

'legend.fontsize': 'small'

}

plt.rcParams.update(params)

from copy import deepcopy

# -----------------------------------

## 问题定义

creator.create('FitnessMin', base.Fitness, weights=(-1.0,)) # 最小化问题

# 给个体一个routes属性用来记录其表示的路线

creator.create('Individual', list, fitness=creator.FitnessMin)

# -----------------------------------

## 个体编码

# 用字典存储所有参数 -- 配送中心坐标、顾客坐标、顾客需求、到达时间窗口、服务时间、车型载重量

dataDict = {}

# 节点坐标，节点0是配送中心的坐标

dataDict['NodeCoor'] = [(0, 0), (-714, 1250), (128, 1251), (1644, 1237), (2116, 1856), (620, 2314), (2804, 1189), (1564, -1223),(2056, -352), (2700, -235), (2908, -1663), (2164, -2027), (3940, -1995), (628, -2333), (60, -2847), (724, -2952), (1924, -2759), (1276, -3410), (-12, -3865), (-3422, -1357), (-3116, 940), (-3244, 71), (-2476, -733), (-2660, -1899), (-3900, -1923), (-2708, -3354), (-3524, -3563),(-2820, -4393), (-2876, -4940), (-1404, -4835), (-1200, -2040), (-1196, 263), (-3080, 1326), (-2244, 1560)]

# 将配送中心的需求设置为0

# dataDict['Demand'] = [0, 100, 200, 300, 300, 300, 100, 200, 100, 300, 200, 300, 100, 100, 100,400, 350, 200, 200, 200, 30, 300, 300, 100, 400, 300, 200, 300, 300, 200, 200,200,300] # 33个

dataDict['Demand'] = [0, 120, 180, 130, 130, 130, 200, 120, 120, 130, 120, 130, 230, 200, 150,250, 250, 201, 220, 120, 130, 230, 130, 100, 240, 130, 220, 230, 230, 170, 190, 100, 130, 120]

dataDict['Timewindow'] = [(0, 11), (0, 9), (1, 9), (1, 11), (0, 6), (2, 6), (3, 9), (5, 9), (4, 9), (2, 9), (0, 9), (0, 11),(0, 6), (0, 4), (3, 6), (7, 11), (5, 7), (3, 9), (2, 10), (2, 7), (7, 9), (9, 11), (5, 11),(2, 8), (4, 11), (0, 8), (0, 9), (1, 9), (0, 9), (0, 11), (1, 10), (1, 8), (2, 7), (9, 11)]

dataDict['MaxLoad'] = 1500

dataDict['ServiceTime'] = 0.05

dataDict['Velocity'] = 20000 # 车辆的平均行驶速度

def genInd(dataDict=dataDict):

'''生成个体， 对我们的问题来说，困难之处在于车辆数目是不定的'''

nCustomer = len(dataDict['NodeCoor']) - 1 # 顾客数量

perm = np.random.permutation(nCustomer) + 1 # 生成顾客的随机排列,注意顾客编号为1--n

pointer = 0 # 迭代指针

lowPointer = 0 # 指针指向下界

permSlice = []

# 当指针不指向序列末尾时

while pointer < nCustomer - 1:

vehicleLoad = 0

# 当不超载时，继续装载

while (vehicleLoad < dataDict['MaxLoad']) and (pointer < nCustomer - 1):

vehicleLoad += dataDict['Demand'][perm[pointer]]

pointer += 1

if lowPointer + 1 < pointer:

tempPointer = np.random.randint(lowPointer + 1, pointer) # 生成随机数

permSlice.append(perm[lowPointer:tempPointer].tolist())

lowPointer = tempPointer

pointer = tempPointer

else:

permSlice.append(perm[lowPointer::].tolist())

break

# 将路线片段合并为染色体

ind = [0]

for eachRoute in permSlice:

ind = ind + eachRoute + [0]

return ind

# -----------------------------------

## 评价函数

# 染色体解码

def decodeInd(ind):

'''从染色体解码回路线片段，每条路径都是以0为开头与结尾'''

indCopy = np.array(deepcopy(ind)) # 复制ind，防止直接对染色体进行改动

idxList = list(range(len(indCopy)))

zeroIdx = np.asarray(idxList)[indCopy == 0]

routes = []

for i, j in zip(zeroIdx[0::], zeroIdx[1::]):

routes.append(ind[i:j] + [0])

return routes

def calDist(pos1, pos2):

'''计算距离的辅助函数，根据给出的坐标pos1和pos2，返回两点之间的距离

输入： pos1, pos2 -- (x,y)元组

输出： 欧几里得距离'''

return np.sqrt((pos1[0] - pos2[0]) \* (pos1[0] - pos2[0]) + (pos1[1] - pos2[1]) \* (pos1[1] - pos2[1]))

def loadPenalty(routes):

'''辅助函数，因为在交叉和突变中可能会产生不符合负载约束的个体，需要对不合要求的个体进行惩罚'''

penalty = 0

# 计算每条路径的负载，取max(0, routeLoad - maxLoad)计入惩罚项

for eachRoute in routes:

routeLoad = np.sum([dataDict['Demand'][i] for i in eachRoute])

penalty += max(0, routeLoad - dataDict['MaxLoad'])

return penalty

def calcRouteServiceTime(route, dataDict=dataDict):

'''辅助函数，根据给定路径，计算到达该路径上各顾客的时间'''

# 初始化serviceTime数组，其长度应该比eachRoute小2

serviceTime = [0] \* (len(route) - 2)

# 从仓库到第一个客户时不需要服务时间

arrivalTime = calDist(dataDict['NodeCoor'][0], dataDict['NodeCoor'][route[1]]) / dataDict['Velocity']

arrivalTime = max(arrivalTime, dataDict['Timewindow'][route[1]][0])

serviceTime[0] = arrivalTime

arrivalTime += dataDict['ServiceTime'] # 在出发前往下个节点前完成服务

for i in range(1, len(route) - 2):

# 计算从路径上当前节点[i]到下一个节点[i+1]的花费的时间

arrivalTime += calDist(dataDict['NodeCoor'][route[i]], dataDict['NodeCoor'][route[i + 1]]) / dataDict[

'Velocity']

arrivalTime = max(arrivalTime, dataDict['Timewindow'][route[i + 1]][0])

serviceTime[i] = arrivalTime

arrivalTime += dataDict['ServiceTime'] # 在出发前往下个节点前完成服务

return serviceTime

def timeTable(distributionPlan, dataDict=dataDict):

'''辅助函数，依照给定配送计划，返回每个顾客受到服务的时间'''

# 对于每辆车的配送路线，第i个客户受到服务的时间serviceTime[i]是min(TimeWindow[i][0], arrivalTime[i])

# arrivalTime[i] = serviceTime[i-1] + 服务时间 + distance(i,j)/averageVelocity

timeArrangement = [] # 容器，用于存储每个顾客受到服务的时间

for eachRoute in distributionPlan:

serviceTime = calcRouteServiceTime(eachRoute)

timeArrangement.append(serviceTime)

# 将数组重新组织为与基因编码一致的排列方式

realignedTimeArrangement = [0]

for routeTime in timeArrangement:

realignedTimeArrangement = realignedTimeArrangement + routeTime + [0]

return realignedTimeArrangement

def timePenalty(ind, routes):

'''辅助函数，对不能按服务时间到达顾客的情况进行惩罚'''

timeArrangement = timeTable(routes) # 对给定路线，计算到达每个客户的时间

# 索引给定的最迟到达时间

desiredTime = [dataDict['Timewindow'][ind[i]][1] for i in range(len(ind))]

# 如果最迟到达时间大于实际到达客户的时间，则延迟为0，否则延迟设为实际到达时间与最迟到达时间之差

timeDelay = [max(timeArrangement[i] - desiredTime[i], 0) for i in range(len(ind))]

return np.sum(timeDelay) / len(timeDelay)

def calRouteLen(routes, dataDict=dataDict):

'''辅助函数，返回给定路径的总长度'''

totalDistance = 0 # 记录各条路线的总长度

for eachRoute in routes:

# 从每条路径中抽取相邻两个节点，计算节点距离并进行累加

for i, j in zip(eachRoute[0::], eachRoute[1::]):

totalDistance += calDist(dataDict['NodeCoor'][i], dataDict['NodeCoor'][j])

return totalDistance

def evaluate(ind, c0=0.00035, c1=0.2, c2=0.01, c3=23, c4=20):

'''评价函数，返回解码后路径的总长度，c1, c2分别为车辆超载与不能服从给定时间窗口的惩罚系数,c3联盟，c4众包'''

routes = decodeInd(ind) # 将个体解码为路线

totalDistance = calRouteLen(routes)

return c0 \* totalDistance + c1 \* loadPenalty(routes) + c2 \* timePenalty(ind, routes) + c3 \* 3 + c4 \* (

ind.count(0) - 3),

# -----------------------------------

## 交叉操作

def genChild(ind1, ind2, nTrail=5):

'''参考《基于电动汽车的带时间窗的路径优化问题研究》中给出的交叉操作，生成一个子代'''

# 在ind1中随机选择一段子路径subroute1，将其前置

routes1 = decodeInd(ind1) # 将ind1解码成路径

numSubroute1 = len(routes1) # 子路径数量

subroute1 = routes1[np.random.randint(0, numSubroute1)]

# 将subroute1中没有出现的顾客按照其在ind2中的顺序排列成一个序列

unvisited = set(ind1) - set(subroute1) # 在subroute1中没有出现访问的顾客

unvisitedPerm = [digit for digit in ind2 if digit in unvisited] # 按照在ind2中的顺序排列

# 多次重复随机打断，选取适应度最好的个体

bestRoute = None # 容器

bestFit = np.inf

for \_ in range(nTrail):

# 将该序列随机打断为numSubroute1-1条子路径

breakPos = [0] + random.sample(range(1, len(unvisitedPerm)), numSubroute1 - 2) # 产生numSubroute1-2个断点

breakPos.sort()

breakSubroute = []

for i, j in zip(breakPos[0::], breakPos[1::]):

breakSubroute.append([0] + unvisitedPerm[i:j] + [0])

breakSubroute.append([0] + unvisitedPerm[j:] + [0])

# 更新适应度最佳的打断方式

# 将先前取出的subroute1添加入打断结果，得到完整的配送方案

breakSubroute.append(subroute1)

# 评价生成的子路径

routesFit = calRouteLen(breakSubroute) + loadPenalty(breakSubroute)

if routesFit < bestFit:

bestRoute = breakSubroute

bestFit = routesFit

# 将得到的适应度最佳路径bestRoute合并为一个染色体

child = []

for eachRoute in bestRoute:

child += eachRoute[:-1]

return child + [0]

def crossover(ind1, ind2):

'''交叉操作'''

ind1[:], ind2[:] = genChild(ind1, ind2), genChild(ind2, ind1)

return ind1, ind2

# -----------------------------------

## 突变操作

def opt(route, dataDict=dataDict, k=2, c1=1.0, c2=500.0):

# 用2-opt算法优化路径

# 输入：

# route -- sequence，记录路径

# k -- k-opt，这里用2opt

# c1, c2 -- 寻求最短路径长度和满足时间窗口的相对重要程度

# 输出： 优化后的路径optimizedRoute及其路径长度

nCities = len(route) # 城市数

optimizedRoute = route # 最优路径

desiredTime = [dataDict['Timewindow'][route[i]][1] for i in range(len(route))]

serviceTime = calcRouteServiceTime(route)

timewindowCost = [max(serviceTime[i] - desiredTime[1:-1][i], 0) for i in range(len(serviceTime))]

timewindowCost = np.sum(timewindowCost) / len(timewindowCost)

minCost = c1 \* calRouteLen([route]) + c2 \* timewindowCost # 最优路径代价

for i in range(1, nCities - 2):

for j in range(i + k, nCities):

if j - i == 1:

continue

reversedRoute = route[:i] + route[i:j][::-1] + route[j:] # 翻转后的路径

# 代价函数中需要同时兼顾到达时间和路径长度

desiredTime = [dataDict['Timewindow'][reversedRoute[i]][1] for i in range(len(reversedRoute))]

serviceTime = calcRouteServiceTime(reversedRoute)

timewindowCost = [max(serviceTime[i] - desiredTime[1:-1][i], 0) for i in range(len(serviceTime))]

timewindowCost = np.sum(timewindowCost) / len(timewindowCost)

reversedRouteCost = c1 \* calRouteLen([reversedRoute]) + c2 \* timewindowCost

# 如果翻转后路径更优，则更新最优解

if reversedRouteCost < minCost:

minCost = reversedRouteCost

optimizedRoute = reversedRoute

return optimizedRoute

def mutate(ind):

'''用2-opt算法对各条子路径进行局部优化'''

routes = decodeInd(ind)

optimizedAssembly = []

for eachRoute in routes:

optimizedRoute = opt(eachRoute)

optimizedAssembly.append(optimizedRoute)

# 将路径重新组装为染色体

child = []

for eachRoute in optimizedAssembly:

child += eachRoute[:-1]

ind[:] = child + [0]

return ind,

# -----------------------------------

## 注册遗传算法操作

toolbox = base.Toolbox()

toolbox.register('individual', tools.initIterate, creator.Individual, genInd)

toolbox.register('population', tools.initRepeat, list, toolbox.individual)

toolbox.register('evaluate', evaluate)

toolbox.register('select', tools.selTournament, tournsize=2)

toolbox.register('mate', crossover)

toolbox.register('mutate', mutate)

## 生成初始族群

toolbox.popSize = 100

pop = toolbox.population(toolbox.popSize)

## 记录迭代数据

stats = tools.Statistics(key=lambda ind: ind.fitness.values)

stats.register('min', np.min)

stats.register('avg', np.mean)

stats.register('std', np.std)

hallOfFame = tools.HallOfFame(maxsize=1)

## 遗传算法参数

toolbox.ngen = 700

toolbox.cxpb = 0.8

toolbox.mutpb = 0.2

## 遗传算法主程序

pop, logbook = algorithms.eaMuPlusLambda(pop, toolbox, mu=toolbox.popSize,

lambda\_=toolbox.popSize, cxpb=toolbox.cxpb, mutpb=toolbox.mutpb,

ngen=toolbox.ngen, stats=stats, halloffame=hallOfFame, verbose=True)

from pprint import pprint

def calLoad(routes):

loads = []

for eachRoute in routes:

routeLoad = np.sum([dataDict['Demand'][i] for i in eachRoute])

loads.append(routeLoad)

return loads

bestInd = hallOfFame.items[0]

distributionPlan = decodeInd(bestInd)

bestFit = bestInd.fitness.values

print("最佳运输计划为")

pprint(distributionPlan)

print('总运输距离为：')

print(evaluate(bestInd, c0=1, c1=0, c2=0, c3=0, c4=0))

print('最佳适应度为：')

print(evaluate(bestInd))

print('各辆车上负载为：')

print(calLoad(distributionPlan))

timeArrangement = timeTable(distributionPlan) # 对给定路线，计算到达每个客户的时间

# 索引给定的最迟到达时间

desiredTime = [dataDict['Timewindow'][bestInd[i]][1] for i in range(len(bestInd))]

# 如果最迟到达时间大于实际到达客户的时间，则延迟为0，否则延迟设为实际到达时间与最迟到达时间之差

timeDelay = [max(timeArrangement[i] - desiredTime[i], 0) for i in range(len(bestInd))]

print('到达各客户的延迟为：')

print(timeDelay)

print('总延迟时间为：', sum(timeDelay))

# 画出迭代图

plt.figure()

minFit = logbook.select('min')

avgFit = logbook.select('avg')

plt.plot(minFit, c='r',linestyle='-.', label='Minimum Fitness')

plt.plot(avgFit, c='y',linestyle='-', label='Average Fitness')

# plt.plot(x1.cumsum(),c='r',linestyle='--',marker='o')

# plt.plot(x2.cumsum(),c='y',linestyle='-.',marker='>')

# plt.plot(x3.cumsum(),c='b',linestyle=':',marker='\*')

plt.xlabel('# Gen')

plt.ylabel('Fitness')

plt.legend(loc='best')

colors = ['#00FFFF', '#7FFFD4', '#0000FF', '#8A2BE2', '#A52A2A', '#DEB887', '#FFFF00', '#9ACD32', '#008000', '#5F9EA0', '#7FFF00']

colorsnum = 0

plt.figure()

for routesplan in distributionPlan:

xbound = []

ybound = []

for citynum in routesplan:

xbound.append(dataDict['NodeCoor'][citynum][0])

ybound.append(dataDict['NodeCoor'][citynum][1])

plt.plot(xbound, ybound, color=colors[colorsnum], linestyle='-', marker='o')

colorsnum += 1

plt.show()



**本科生毕业设计（论文）任务书**

|  |  |
| --- | --- |
| 题 目 | **乡村物流服务模式设计与网络优化研究** |

（任务起止日期：2021年11月2日～2022年6月5日）

|  |  |
| --- | --- |
| 院 系 | **管理学院** |
| 专业班级 | **物流管理201802班** |
| 姓 名 | **彭昕源** |
| 学 号 | **U201815536** |
| 指导教师 | **刘志学** |

教研室（系、所）负责人 2021年10月28日审查

院（系）负责人 2021年11月2日批准

|  |
| --- |
| 课题内容：  在查阅和综述国内外关于物流服务模式设计、物流网络优化等代表性文献的基础上，系统分析我国乡村物流服务特点，设计相适应的乡村物流服务模式，应用运筹学方法构建乡村物流服务网络模型，分析模型特点并进行优化求解。 |
| 课题任务要求：     设计适合我国乡村特点的物流服务模式，应用运筹学方法建立乡村物流服务网络模型并进行优化求解；培养学生系统思维能力、文献阅读与综述能力和分析与解决问题的能力。 |
| 主要参考文献（由指导教师选定）  [1] Yang F, Dai Y, Ma Z J. A cooperative rich vehicle routing problem in the last-mile logistics industry in rural areas[J]. Transportation Research Part       E, 2020, 141, 102024 [2] 彭永涛，张锦，陈刚. 供给能力一定条件下的物流网络优化研究[J]. 运筹与管理, 2013, 22(5): 78-83. [3] Elsevier、Wiley、Emerald、Informs、Ebsco、Springer、中国知网等数据库重要期刊的相关文献。 |
| 同组设计者  无 |
| 指导教师签名  年 月 日 |