

**本科生毕业设计[论文]**

**小麦分销网络设计方法与应用研究**

院 系 管理学院

专业班级 物流管理1801班

姓 名 王逸轩

学 号 U201813035

指导教师 王林教授

2022年 5月 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

粮食物流的平衡运作始终是维持社会稳定，经济稳步发展的关键所在，同时也是贯穿我国粮食从产出直到消费结束整个过程的纽带。中国作为一个粮食大国，在粮食生产和消费方面的能力都处在一个极高的水平。并且随着人口增长，粮食供应带来的考验也会愈加严峻。因此，粮食供应链应当受到更为广泛的关注。本文将以小麦的分销过程为例，对我国的粮食供应链网络进行研究设计。

本文提出了一个三级供应链网络设计模型，并考虑了不同节点供需关系、运输能力以及容量限制等约束，实现了对小麦分销网络问题的研究。为了更好地对该问题进行求解，本文采用了一种两阶段算法作为求解方法，分别构建了新模型。第一阶段中使用遗传算法解决了选址-分配问题，第二阶段对车辆调度问题进行了优化，将第二阶段问题结果返回第一阶段问题中得到了原始问题的最优解。本文最后通过仿真实验评估了算法的可行性，并分析了不同参数设置对结果的影响。由于本文是以我国小麦分销网络为背景进行研究的，因此所得结论对于解决我国粮食供应链网络设计方面的问题具有较好参考意义。

**关键词：**供应链网络设计；两阶段算法；分配-选址问题；配送调度问题

Abstract

The balanced operation of grain logistics has always been the key to maintaining social stability and steady economic development, and it is also the link that runs through the entire process of China's grain from output to consumption. As a big grain country, China's ability to produce and consume grain is at an extremely high level. And as the population grows, the test posed by food supply will become more severe. Food supply chains should therefore receive wider attention. This thesis takes the distribution process of wheat as an example to study and designs the grain supply chain network in China.

In this thesis, I proposed a three-level supply chain network design model, and the constraints of supply and demand relations, transportation capacity and capacity limitations of different nodes are considered.so as to study the problem of wheat distribution network. In order to better solve this problem, this shesis uses a two-stage algorithm as the solution method since builds a new model separately. The site selection-allocation problem is solved in the first stage using genetic algorithms, and the vehicle scheduling problem is optimized in the second stage.the results of the second stage problem are returned to the optimal solution of the original problem in the first stage problem. Finally, the feasibility of the algorithm is evaluated by simulation experiments, and the influence of different parameter settings on the results is analyzed. Since this shesis is based on the background of China's wheat distribution network, the conclusions obtained have good reference significance for solving the problems in the design of China's grain supply chain network.

**Key Words：**Supply chain network design; two-stage algorithm; allocation-site selection problem; vehicle scheduling optimization

**目 录**

**[摘 要 I](#_Toc11469)**

**[Abstract II](#_Toc17629)**

**[1 绪 论 1](#_Toc29639)**

[1.1 研究背景及意义 1](#_Toc22379)

[1.1.1 研究背景 1](#_Toc6726)

[1.1.2 研究目的与意义 1](#_Toc2958)

[1.2 国内外相关文献综述 2](#_Toc16534)

[1.2.1 供应链网络设计问题研究现状 2](#_Toc9105)

[1.2.2 粮食供应链问题研究现状 3](#_Toc24154)

[1.2.3 配送调度问题研究现状 4](#_Toc1279)

[1.3 研究方法及内容 5](#_Toc17795)

**[2 两阶段小麦分销网络模型 7](#_Toc31314)**

[2.1 问题描述 7](#_Toc32192)

[2.2 模型构建 10](#_Toc16150)

**[3 求解算法设计 13](#_Toc17572)**

[3.1 两阶段算法求解流程 13](#_Toc4603)

[3.2 选址-分配问题算法设计 14](#_Toc8157)

[3.3 配送调度问题算法设计 18](#_Toc9396)

**[4 仿真实验及结果分析 20](#_Toc6695)**

[4.1 参数设定 20](#_Toc16278)

[4.2 坐标选取范围对结果的影响 21](#_Toc18663)

[4.3 最大行驶距离对运输设备分配的影响 26](#_Toc24393)

**[5 总结与展望 29](#_Toc26515)**

[5.1 本文总结 29](#_Toc1304)

[5.2 未来展望 30](#_Toc32586)

**[致 谢 31](#_Toc30367)**

**[参考文献 32](#_Toc1104)**

1 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

供应链管理被视为协调商品、信息和资金从原产地流向消费领域流动的过程。其对象是供应链组织和他们之间的“流”，应用的方法是集成和协同，目标是满足客户的需求，最终提高供应链的整体竞争能力。供应链网络设计（SCND）目的在于确定供应链的固定配置和基础设施。换句话说，SCND是指在供应链中定位设施，确定这些设施的容量，并最终确定如何通过网络获取客户需求，同时以最低成本达到客户所需的服务水平。

一般的SCND主要用来响应两种类型的决策：资本资产管理（选址问题）和分配管理（分配问题），这两个问题涉及设施的位置和容量。通常，设施的候选位置是离散的。新建设施地点的选择仅限于有限的候选地点。在每个位置建立一个设施会给供应链带来不同的设置成本。此外，车辆调度管理是SCND问题中与这两个决策密切相关的另一个问题。它包括选择运输方式和产能利用率，以设计出成本效益更高的网络。

从实用角度来看，小麦在许多国家的常规营养中起着至关重要的作用，在我国这种自给自足的经济体中更是如此。因此，研究和优化小麦供应网络是十分必要的。然而，这一主题在以往研究中经常被忽视，根据查阅到的相关文献，在小麦或小麦制品的收集和分销领域没有太多研究。因此，本课题选择了研究、解决小麦供应链网络设计问题。

1.1.2 研究目的与意义

本课题对我国粮食物流体系现状进行分析，总结当前粮食供应链网络运作模式，以国内外先进理论作为支撑，以小麦为例，针对我国粮食供应链网络设计提出参考方案，希望为我国现代粮食物流体系建设提供帮助。

本研究对社会以及经济发展的意义：对我国粮食的物流成本较大、损失消耗大以及信息不畅通、灵活度不高等问题进行剖析，争取建设出能够满足市场经济条件下粮食物流发展需求的现代粮食物流模型，能够使粮食的物流成本有所节约，同时能够和国际粮食市场发展前景相匹配。

1.2 国内外相关文献综述

1.2.1 供应链网络设计问题研究现状

供应链网络设计（SCND），是指对供应链中的物流、信息及关系网络的流动结构进行科学合理地规划、设计，其中包括节点布局、运输线路设计、容量配置等环节。对于供应链网络设计问题，早期的研究者们一般采用了拉格朗日松弛法进行求解。如Pirkul和Jayaraman[1]通过定位一定数量的配送中心来进行研究。他们将问题数学化为一个混合整数线性规划模型，并提出了一种基于拉格朗日松弛的启发式算法。Amiri[2]考虑了设施具有多个容量级别的SCND问题，并同样开发了另一种基于拉格朗日松弛算法的启发式算法。但是即便是较为简易的问题形式，也具有很大求解难度。

因此，为问题的不同变体开发求解算法一直是研究人员感兴趣且具有挑战性的课题。对于相对简单的问题，研究者一般采用构建混合整数规划模型后用求解器进行求解。而对于较复杂的问题，直接进行求解存在一些困难，所以研究者们经常使用两种类型算法来处理SCND和其分支问题，分别是元启发式和启发式算法。Ardalan等人[3]研究了具有多模式需求政策的SCND问题，并开发了该问题的拉格朗日松弛算法。Soleimani等人[4]以及Zohali[5]分别提出了禁忌搜索、遗传算法和蚁群算法，用于重新设计多级供应链网络。Eskandarpour等人[6]定义了具有多种运输模式的SCND问题，并提出了一种结合贪婪启发式的大邻域搜索技术。

对于结构较为复杂的供应链网络设计问题，研究者们首先都会对实际网络模型进行简化处理，将多级供应链网络中具有相似功能的层级进行整合，构造出结构相对简单的网络，这样可以降低问题的复杂程度，并方便后续对问题的分析及求解。

段丽梅，唐克生[7]考虑了供应商、销售商及消费市场的三层节点，构建了混合整数规划模型并使用求解器对其进行求解，优化了供应商、销售商的选择类型、数量以及各产品的运输方案。刘星，段浩然，王晓媛等人[8]针对由多个仓库和配送中心构成的两级应急救援供应链,提出了一种两阶段基于可能性的模糊随机规划模型，并使用差分进化算法作为求解方法，取得了比实际案例中更优的网络设计方案。张晓玲[9]提出了一个需求不确定下的三级低碳供应链网络设计模型，并考虑了配送中心的容量模式及库存模式。模型的求解方法采用的是割平面算法，最后对不同因素对数据结果的敏感度进行了分析。蒲松、夏嫦[10]考虑了在离散随机参数环境下，医疗回收网络中的选址规划、分配计划及运输规划的协同优化问题，构建了将选址成本、运输成本最小化作为目标函数，中心仓库与车辆能力限制为约束的二阶段随机规划模型。根据模型特点，设计了基于Benders decomposition的求解算法，并且设计了一系列加速技术用于提高算法的求解效率。

上述相关文献的研究成果说明通过将复杂网络问题简化为三级或者更简单的网络结构有助于对问题进行更好地描述及求解。对于供应链网络设计问题的求解方法，通过对比后发现，选用遗传算法及其变体的文献偏多，原因是遗传算法的搜索函数简单，并且具有可扩展性，与其他算法的结合相对简单。且遗传算法的使用条件约束小，并不受问题领域限制且搜索速度较快。针对此问题，本文同样对复杂网络问题进行了简化，建立了考虑了不同容量模式及多种约束的数学模型，并设计了两阶段算法对问题进行求解，并通过不同启发式算法之间的对比验证了所用算法的可行性。

1.2.2 粮食供应链问题研究现状

随着农产品管理模式逐渐趋于复杂，粮食供应链问题也越来越受到人们的关注，现代农产品的管理方式逐渐由传统的经验判断向着更科学、更系统的方式转变着。虽然很多文献中讨论了粮食供应链问题，但只有少数研究者深入考虑了粮食供应链并投入大量资源展开研究。

对于粮食供应链方面问题的研究，由于在粮食供应网络中，主要成本一般为库存成本及运输成本，因此这类问题一般都是从存储以及运输两方面进行考虑的。

针对这两类问题。在运输计划方面，Bilgen和Ozkarahan[11]提出了一个混合整数规划（MIP）模型，以研究管理小麦供应链的公司所面临的散装小麦运输计划问题，并且对每个时期的运输能力进行测算。而在库存管理方面，孙丹、宋继华、张宇[12]为解决各物流节点库存的不合理分配,提出了一个基于连续型需求的随机库存订货模型以保证物流网络库存成本最小、社会效益最大，并采用“先进先出”原则解决了成品粮贬值问题，最后进行了仿真模拟实验，验证了得到的结论。这些都是单独考虑粮食供应链中运输或库存方向问题的研究，随着实际问题的逐渐复杂化，研究者们也对两类问题进行了协同优化考虑。

Thakur、Wang和Hurburgh[13]提出了一种多目标方法以降低成本并提高小麦供应链的可追溯性。Tanksale和Jha[14]也对粮食供应问题进行了类似的调查，在已知每个区域的粮食需求量和采购量的前提下，建立了一个多周期MIP模型，该模型具有区域性存储能力，用于确定各区域的存储方式和区域间的运输计划。

然而，上述研究主要针对的是粮食供应链中的库存和运输问题，却忽略了网络设计方面的研究。此外，这些研究也没有考虑到不确定性情况下的粮食供应链问题。与确定性供应链一样，不确定性条件下的粮食供应链建模也一直是研究者们感兴趣的话题。Zokaee、Jabbarzadeh、Fahimnia等人[15]讨论了面包制造供应链网络中小麦供应量、需求量和成本参数之间的不确定性。并解决了在不确定性条件下设计出具有设施位置选址和分配决策能力的供应链管理问题。Poudel等人[16]研究了原料供应不确定性下的生物质燃料供应链网络，他们提出了基于样本平均近似的混合算法和渐进对冲算法。之后Ardalan等人[17]研究了具有多模式需求政策的SCND问题，并开发了该问题的拉格朗日松弛算法。

根据上述研究成果来看，在不确定性条件下的粮食供应链网络设计问题的相关文献还是较为稀少的，大多数研究者对于粮食供应链网络的讨论都是基于确定性条件下进行的，甚至考虑到网络设计层面的研究都相对稀缺。因此本文的研究内容是比较贴合实际需求且具有较好的创新意义的，即考虑到了粮食存储方面的规划，又考虑了配送调度方面的规划。

1.2.3 配送调度问题研究现状

供应链网络设计中除了选址-分配问题之外，另一个主要研究方向就是车辆调度问题。研究者们也做了许多对于该方向的研究。

关于供应链中的车辆调度问题，Hajghasem和Abbasshojaie[18]他们在可用运输设备数量有限，但可以根据需要租赁运输设备的前提下，研究了在已知各级节点位置和具体分配情况下的车队管理问题。Mostafa和Eltawil[19]提出了一个在运输规划过程中考虑生产-配送问题的库存模型。殷玲玲，贾兆红[20]提出了一种基于蚁群算法改进的模拟进化算法，对车辆调度问题进行了优化并进行了仿真实验测试了算法性能。对于小麦分销网络中的车辆调度问题，Gholamian和Taghanzadeh[21]考虑了一个真实的多期小麦分销网络，他们开发了一个数学模型，并用商业优化软件进行了求解。Mogale等人[22]研究了两级供应链网络中的多周期多模式散装小麦运输和储存问题。并开发了一种混合整数、非线性规划的运算模式和一种名为化学反应优化的元启发式算法。田铖[23]基于城市配送中心选址和车辆配送调度理论，提出了多目标、多影响因素的配送中心选址，中心选址与车辆调度一体化的多智能体仿真，物流企业应急车辆调度仿真三个模型，并对模型进行求解后得到了配送中心选址策略及车辆调度方案。Chen和Tian等人[24]提出了一个带时间窗的食品两阶段选址-路径-库存问题。第一阶段为带时间窗的选址-库存问题，第二阶段为带车辆容量约束的运输问题。并提出了一种混合启发式算法，并进行了测试。Jomon和Zhang[25]针对飓风灾害下的资源部署问题，提出了一个两阶段随机规划模型。在第一阶段，做出关于配送点位置选择、医疗供应水平和运输能力的决策，在第二阶段做出运输决策，并结合实际案例进行了分析。

本文对于配送调度方面的优化是通过数据预处理将优化问题变为了一个指派问题进行求解，这在前人的研究中是很少出现的，也是本文的亮点之一。

综合上述文献内容，可以看出目前虽然对于供应链网络设计、车辆调度及优化等方向都存在着较为前沿的研究成果，但对于粮食供应链，尤其是同时考虑到粮食供应网络及车辆配送调度方向的相关研究还是较少的，一方面是因为研究者们对于粮食的讨论大多数都围绕产能、区域划分、加工流程或者政策类方向开展，很少有具体到供应链层面甚至是具体到存储及运输层面的研究，另一方面则是这类问题往往都具有较为复杂的结构，难以求得最优解。但事实上，随着我国人口增长，粮食供应方面的压力会逐渐显露出来，而提前做好规划是十分必要的。这意味着本文具有较好的研究意义和研究价值。

1.3 研究方法及内容

1）研究方法

（1）文献研究法。通过查阅相关文献获得资料，更加全面地了解SCND问题、粮食供应链问题以及配送调度问题的相关研究现状及发展趋势，从文献中学习模型构建及算法设计的方法，并学习文献中针对研究成果的分析、总结思路。对本文的研究具有参考和借鉴意义。

（2）模拟法。确定供应链网络设计问题及路径规划问题的目标函数并分析相关约束条件，提出了两阶段小麦分销网络模型。并设计了两阶段算法，使用遗传算法、匈牙利法分别对第一阶段的选址-分配模型及第二阶段的配送调度模型进行了求解并进行了仿真分析。

2）研究内容

本文第1部分：绪论，介绍了本文的研究背景、研究目的及意义，并介绍了国内外关于供应链网络设计问题、粮食供应链问题以及车辆调度问题方面的相关文献，最后介绍了本文使用的研究方法以及本文各章节的主要内容。

本文第2部分：两阶段小麦分销网络模型，此章节首先对我国小麦分销网络的产生背景及主要模式进行了阐述，并基于现有模式提出了一个考虑了选址-分配及车辆调度管理的两阶段小麦分销网络模型。

本文第3部分：模型分析及求解算法设计，此章节对分销网络模型进行了分析，设计两阶段算法将原始问题拆分，对选址-分配问题以及配送调度问题进行分阶段求解。其中选址-分配问题采用遗传算法进行求解，将所得结果代入配送调度问题中，进行数据预处理后，通过将配送调度问题转化为特殊指派问题，使用匈牙利法进行求解得到最终结果。

本文第4部分：仿真实验及结果分析，此章节首先设定了参数初始值，随后进行了不同数据规模的仿真实验，并分析了算法的可行性。之后又对坐标选取范围、运输设备最大行驶距离以及运输设备最大容量三方面因素对实验结果的影响进行了分析。

本文末尾第5部分：内容总结与未来展望，对本文主要内容及研究过程进行了整理，并对实验及分析结果进行了总结。最后结合本文的研究内容，提到了本文研究存在的不足之处、本文研究的价值以及对未来研究方向的展望。

**2 两阶段小麦分销网络模型**

2.1 问题描述

中国在生产和消耗粮食方面都长期处在一个非常高的水平，可称为粮食大国。中国的小麦产销量一直位居世界前五，在国际小麦分销网络中具有重要地位。

我国适宜小麦种植的优势区域已基本固定，小麦的生产模式也逐渐向着专业化程度更高、区域化进度更加明显的方向发展。诸多以往实验和研究都表明，环境成为了小麦品质十分关键的影响因素，如降水量大小、日照强度、温度及湿度、土壤酸碱性等因素都会对小麦蛋白质和面筋含量产生非常明显的影响，进而导致小麦的品质出现不同的等级划分。很明显，优质小麦不可能在我国的所有地区和一年中所有时期都平均生长。全国小麦产量分布情况如图2-1所示：

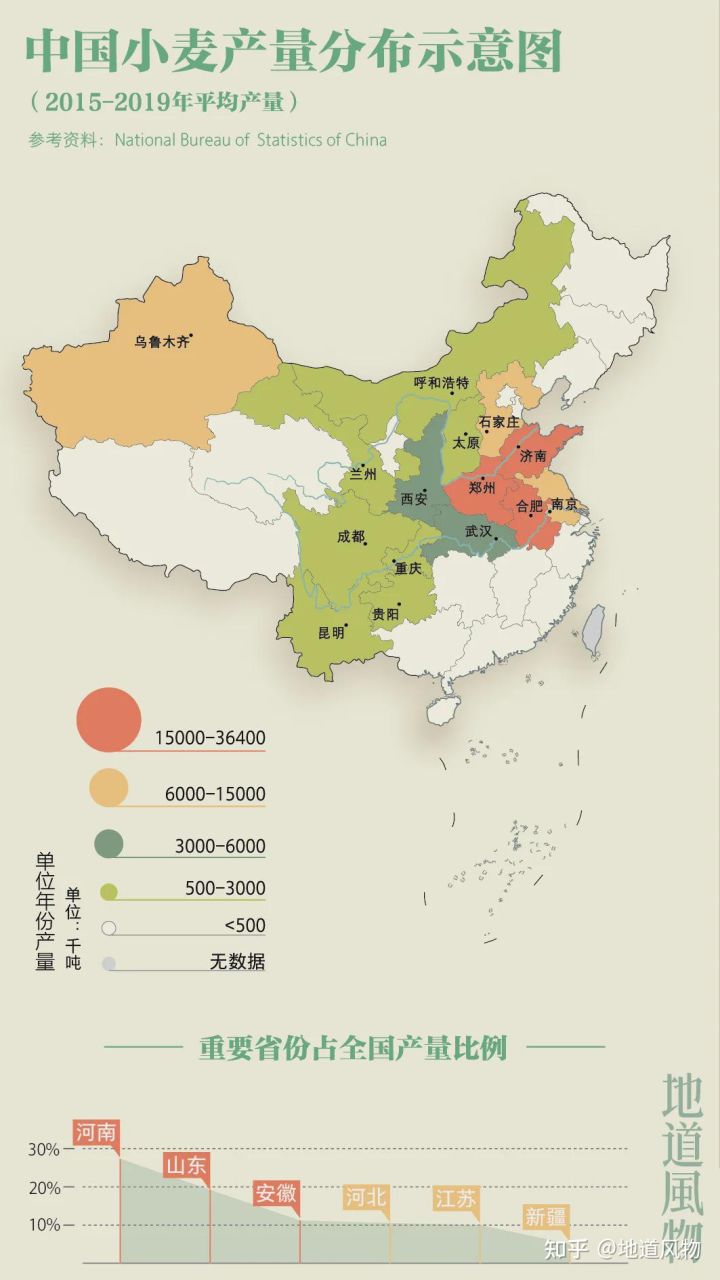


图2-1 我国小麦产量分布图

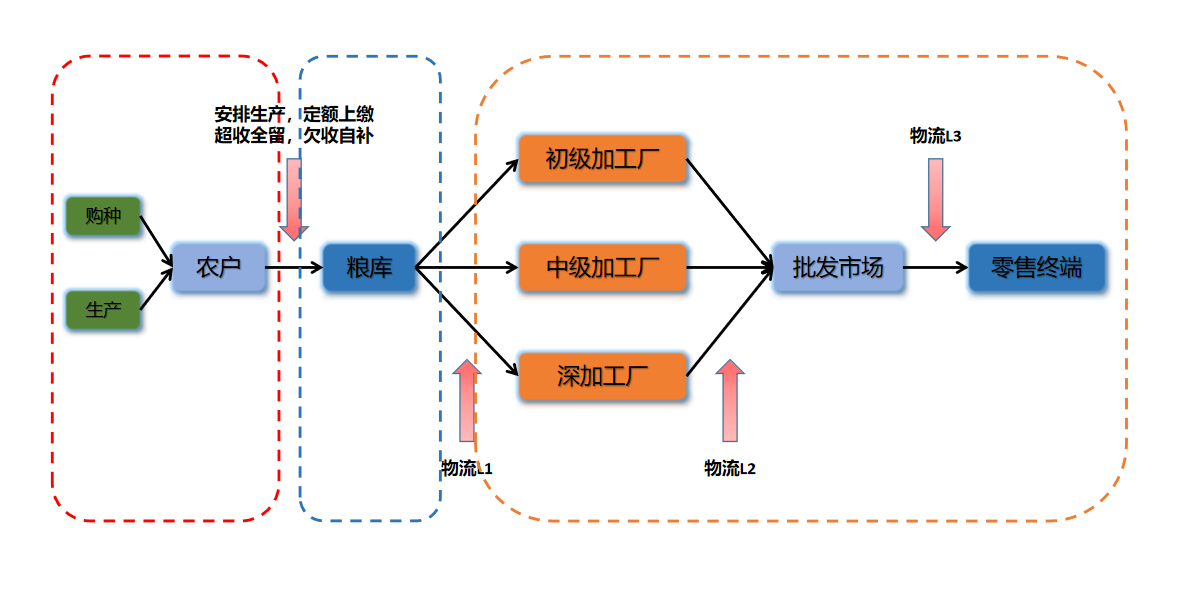
从各省市来看，我国小麦产量排前三的省市为河南省、山东省及安徽省，分别为3741.77万吨、2552.92万吨、1656.89万吨，三省小麦产量占全国产量的一半。

一方面，东北地区及南方地区的小麦生产受到环境因素的影响，并不能完全实现自给自足，需要从小麦主产区进行调拨。并且虽然在小麦主产区也充斥着大量小麦存储仓及面粉加工厂，但这些储仓以及加工厂空间分布并不合理，往往没有经过科学的选址就完成了修建，导致小麦和面粉的损耗率较高，流通效率较低。

另一方面，虽然我国小麦产量如此之大，但优质小麦产量其实并不乐观，因此还需要通过进口获取优质小麦，一组中国海关的数据表明，在2020年中国进口了838万吨小麦，同比上升的指数高达140.1%。2020年上半年国内小麦正处于青黄不接时期，2019年小麦市场余粮基本见底，也是国内积极采购进口小麦的原因之一。

同时由于我国在粮食储存时会采用绿色储粮模式，例如中储粮研发的内环流控温技术，冬季通过零下的低温环境为粮堆降温、蓄冷；夏季温度升高时，利用环流管道，把粮堆内部的冷气释放出来实现降温。这种模式需要在北方的低温环境下才可以实现，因此需要在北方启用很多仓库，冬小麦一般6月成熟，9月前完成入库，一般最大储存期限是4年。

以上两方面问题引出了我国的小麦分销网络。由于产区之间的调拨也属于原材料阶段的内部运输，因此本文对于“北粮南运”以及对东北、西藏地区的跨省份运输不进行单独考虑，只考虑区域内的粮食分销情况，具体分销流程如图2-2所示：

图2-2 我国小麦分销网络流程示意图

上述流程是我国现阶段小麦流通最主要的渠道，农户将收割的小麦通过粮商交给下一环节的粮食储备企业，之后交由加工厂完成小麦的加工环节，最终进入销售市场进行分销。在这个过程中，粮仓可以被视为供应链网络中的配送中心。这些中心粮仓有一些候选位置，可以根据实际需求选择是否开启该粮仓，并且粮仓都具备不同的容量模式可供选择。显而易见的是开启粮仓的固定成本与容量呈正相关关系，容量越大的模式对应的固定成本就会越高，问题是确定粮仓的位置和它们的容量模式，并将供应商（农户）和客户（零售终端）与配送中心（粮仓）相匹配。设计这一供应链网络需要集成所需车队的调度信息，特别是运送小麦所需的运输车辆的数量。

小麦分销网络引出了一个供应链网络设计问题，包括产能获取和运输计划。对于这个问题有以下几个前提需要满足：首先已知条件是每一个客户的需求量和每一个供应商的供应能力。每个候选位置的配送中心都有各自不同的容量模式及对应成本。网络是单一来源的，这意味着每个客户只能分配到一个配送中心。每个运输设备只能被分配到一个配送中心，并从供应商出发至配送中心或从配送中心出发至客户。这种运输方式可以被看做是一种整车运输模式。

本文研究的主要问题是在三级供应链网络中，存在个供应商，个配送中心以及个客户，已知各节点坐标，客户需求量和供应商供应量。需要选择任意数量的配送中心并确定其容量模式，在满足容量约束的条件下，接收所有供应商的供应量以及响应所有客户的需求量，并在不超过车辆最大行驶距离的条件下进行车辆调度规划，最终使得总成本（运输成本++配送中心固定成本+运输设备固定成本）最小。

在给出该问题的数学模型前，为了方便问题的讨论，首先对小麦分销网络的实际流程进行简化：由于本文只考虑三类节点（供应商，配送中心，客户），因此对粮库前、后各环节进行合并处理。农户作为系统的供应商生产小麦，之后，收获的小麦被转运到粮库（配送中心）。最后，运输车队为面粉制造商（客户）提供满足需求的面粉。图2-3为整合后的小麦分销网络示意图：

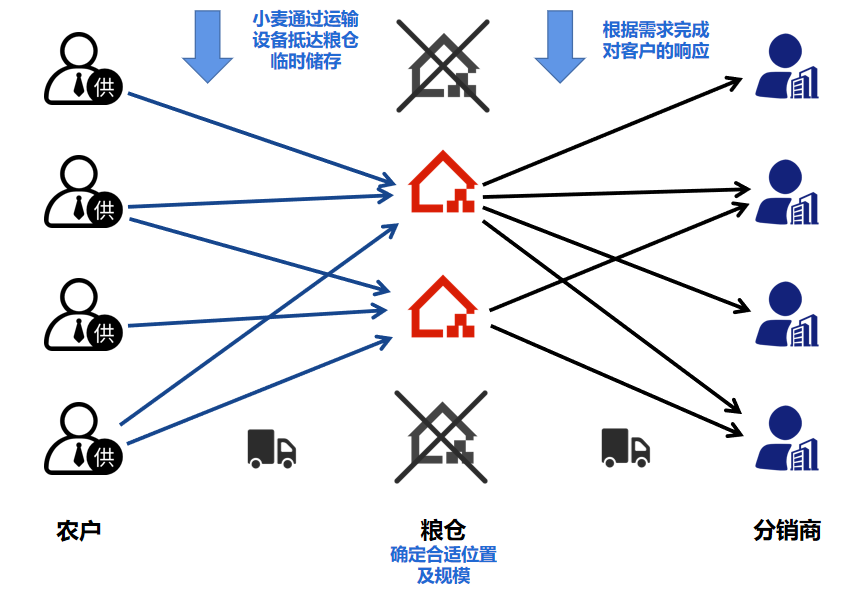


图2-3 小麦分销网络示意图

2.2 模型构建

考虑到实际情况以及方便模型的正常构建，根据小麦分销网络特征提出了以下假设：

（1）该网络问题包括供应商、配送中心和客户三类节点。

（2）已知每个节点的需求和生产能力及容量。

（3）每个运输设备具有最大的行驶距离。

（4）配送中心和运输设备已经具备运作能力。

（5）不同配送中心之间的建立成本可能存在差异。

为了更好地建立数学模型对问题进行研究，如表1所示，将一些变量以及概念用对应符号进行表示：

表2-1 相关符号定义

|  |  |
| --- | --- |
| 符号定义 | |
|  | 供应商数量， |
|  | 可能的配送中心数量， |
|  | 客户数量， |
|  | 运输设备的数量， |

续表2-1 相关符号定义

|  |  |
| --- | --- |
| 符号定义 | |
|  | 配送中心*k*的容量模式数量， |
|  | 客户的需求 |
|  | 模式下配送中心的固定成本 |
|  | 每台运输设备的固定成本 |
|  | 供应商的供应量 |
|  | 模式下配送中心的容量 |
|  | 每台运输设备的最大运输距离 |
|  | 供应商到配送中心的距离 |
|  | 配送中心与客户之间的距离 |
|  | 供应商*i*与配送中心之间的单位运输成本 |
|  | 配送中心与客户之间的单位运输成本 |
| 决策变量 | |
|  | 如果供应商被运输设备分配到配送中心，  则二进制变量取值为1，否则为0 |
|  | 如果客户被运输设备分配到配送中心，则二进制取值为1，否则为0。 |
|  | 如果模式下的配送中心处于开放状态，则二进制变量取1 |
|  | 如果将运输设备分配给配送中心，则二进制变量取值为1 |
|  | 从供应商到配送中心的供应量 |

根据上述符号定义，将该供应链网络设计问题表述为一个混合整数线性规划模型。



 （2-1）

 （2-2）

 （2-3）

 （2-4）

 （2-5）

 （2-6）

 （2-7）

 （2-8）

 （2-9）

 （2-10）

取得总成本的最小化作为目标函数，其中包含了开启配送中心所需要的固定成本，供应商到配送中心以及配送中心到客户的运输成本，和使用运输设备所要面临的固定成本。约束(2-1)是为了保证各配送中心站点最多选择一种容量模式。约束(2-2)、(2-3)保证客户和供应商与运输设备及配送中心均满足单源分配。也就是说，每个客户和供应商都被分配一个配送中心和一个运输设备。约束(2-4)、(2-5)和约束(2-6)保证配送中心的容量限制和供应商的供应量限制。约束(2-7)保证选定的运输设备最多与一个配送中心相匹配，但并不限定使用次数。约束(2-8)保证每个运输设备在供应商与客户之间行驶的总距离不超过最大的行驶距离限制。约束(2-9)和约束(2-10)定义了模型涉及到的决策变量(0-1变量)。

**3 求解算法设计**

3.1 两阶段算法求解流程

对于第2章中构建的数学模型，由于既要考虑到供应链网络设计中的选址-分配问题，又要考虑配送调度问题，直接求解很难得到模型的最优解，因此本文采用了一种两阶段算法，将原始问题进行拆分为一个选址-分配（第一阶段）问题以及一个配送调度（第二阶段）问题。首先采用启发式算法中的遗传算法（算子的选择，交叉以及变异方法分别为锦标赛选择法、均匀交叉以及单点变异，采用的编码方式为实数编码）对第一阶段中的选址-分配问题进行了求解，得到了配送中心的选址结果及库存模式的选择以及关于三级节点之间的匹配关系，并将所得到的匹配关系近似为运输设备的分配结果。

在求得第一阶段问题的最优解后，代入第二阶段的车辆调度问题模型进行求解，具体求解过程如下：首先导出每个配送中心与其负责的供应商及客户之间的距离数据，之后对每个供应商-配送中心距离及配送中心-客户距离进行求和，生成关于距离和的维度为n\*m的矩阵（n为供应商数量，m为客户数量），对于该矩阵中的每一项，都与车辆最远行驶路径进行比较，将数值大于最大行驶距离的值替换为M（远大于最远行驶距离的数值），进行上述处理后，该配送调度问题就转变成了一个特殊的指派问题，使用匈牙利算法对该指派问题进行求解，得到了一个对应的0-1矩阵，该矩阵中数值为1的元素代表可以对两段路径进行合并，为0则表示不可以进行合并，这个解即为供应商-配送中心路径与配送中心-客户路径最终的合并情况。最后将第二阶段配送调度问题得到的运输设备合并结果返回到第一阶段的选址-分配问题得到的解中，对其中将节点匹配结果近似为车辆调度结果的初始结果进行优化处理，便得到原始问题的最优解。

图3-1展示了两阶段算法的具体求解流程：

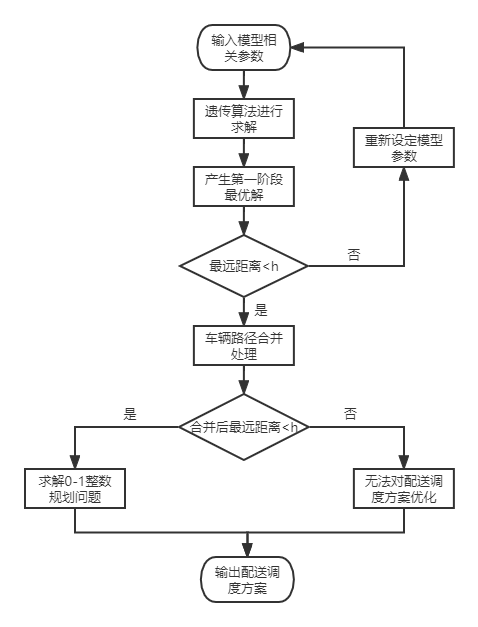


图3-1 两阶段算法求解流程图

3.2 选址-分配问题算法设计

选址-分配问题目标是对选址问题和供应商-配送中心-客户匹配问题进行决策。为了设计选址-分配问题的模型，表3-2定义了选址-分配问题中引用的决策变量：

表3-1 决策变量定义

|  |  |
| --- | --- |
| 决策变量 | |
|  | 如果供应商被分配到配送中心，则二进制变量取值为1，否则为0 |
|  | 如果客户被分配到配送中心，则二进制取值为1，否则为0。 |

续表3-1 决策变量定义

|  |  |
| --- | --- |
| 决策变量 | |
|  | 如果模式下的配送中心处于开放状态，则二进制变量取1 |
|  | 配送中心所需运输设备数量的整数变量 |
|  | 从供应商到配送中心的供应量 |

根据上述符号定义，选址-分配问题数学模型的构建如下：



 （3-1）

 （3-2）

 （3-3）

 （3-4）

 （3-5）

 （3-6）

 （3-7）

 （3-8）

 （3-9）

 （3-10）

开启配送中心所需的固定成本，供应商到配送中心和配送中心到客户的运输成本等这些方面同样是目标函数所包含在内的以及使用运输设备面临的固定成本，只是与原始问题相比，第一阶段问题没有考虑运输设备的具体分配情况。约束(3-1)保证每一个候选配送中心最多只能选择一种容量模式。约束(3-2)保证每个供应商只能被分配给一个配送中心。约束(3-3)保证每个客户只能被分配给一个配送中心。约束(3-4)、约束(3-5)和约束(3-6)保证了配送中心的容量限制和供应商的供应量限制。约束(3-7)是对每个候选配送中心站点的运输设备数量的松弛。约束(3-8)、约束(3-9)及约束(3-10)定义了选址-分配问题模型涉及到的决策变量(0-1变量)。

由于选址-分配问题同时涉及到选址及分配两方面问题，很难快速求得最优解，因此对于选址-分配问题数学模型求解采用的是元启发式算法中的遗传算法。遗传算法有三个基本算子:选择、交叉和变异。本文中对应的算子实现方法分别为锦标赛选择、均匀交叉以及单点变异。采用的编码方式为实数编码。

采用遗传算法的原因是遗传算法是一种基于自然选择和群体遗传机理的搜索算法,它通过模拟自然界的选择与遗传的机理来寻找最优解。并且遗传算法具有以下优点：

（1） 与问题领域无关且具有快速随机的搜索能力。

（2） 搜索从群体出发，具有潜在的并行性，可以进行多个个体的同时比较。

（3） 使用概率机制进行迭代，随机性较强。

通过该算法能够避免在迭代过程中陷入局部最优，并对初始值依赖性较小，从而能够快速得到最优解。

本阶段所采用的遗传算法主要思路以及算法流程如下：

（1）输入选址-分配问题模型的各个参数（供应商、配送中心及客户坐标；供应商供应量；客户需求量；配送中心各模式序号；配送中心各模式对应容量；配送中心各模式对应成本；单位距离运输成本；运输设备固定成本）。

（2）初始化遗传算法的参数：初始种群、迭代次数、交叉概率、交叉概率，生成初始解（决策变量矩阵：供应商、客户与配送中心匹配结果，配送中心容量模式选择结果）。

（3）按照交叉、变异概率完成遗传过程，更新种群。

（4）判断新种群中个体适应度，选择最优值作为候选解。

（5）判断候选解是否优于当前解，若优于则替换当前解，否则保留当前解。

（6）如满足终止条件，则输出当前解为最优解并终止程序，否则跳回步骤3。

（7）重复步骤3到步骤6，直到达到最大迭代次数。

具体算法流程如图3-2所示：

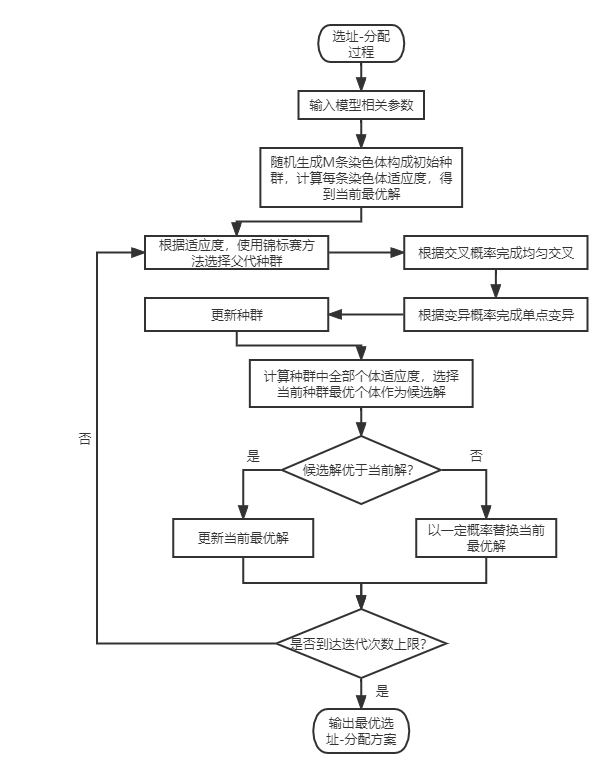


图3-2 遗传算法流程图

通过以上算法流程对选址-分配问题模型进行求解后，可以得到当前参数下的最优解。并将结果代入第二阶段问题当中。

3.3 配送调度问题算法设计

对于第一阶段问题结果中建立的每个配送中心，均定义一个配送调度问题。在每个配送调度问题中，都需要确定每一个配送中心所需要运输设备的具体分配情况。具体决策变量定义如表3-2所示：

表3-2 决策变量定义

|  |  |
| --- | --- |
| 决策变量 | |
|  | 如果供应商与运输设备之间建立了联系，  则二进制变量取值为1，否则为0。 |
|  | 如果客户与运输设备之间建立了联系，则二进制变量取值为1，否则为0。 |
|  | 如果使用运输设备，则二进制变量取值为1，否则为0。 |

根据第二阶段问题决策变量的定义，建立配送中心的第二阶段问题数学模型如下:



 （3-11）

 （3-12）

 （3-13）

 （3-14）

 （3-15）

 （3-16）

其中和为当前第一阶段问题所得解对应的决策变量值。

约束(3-11)和约束(3-12)将运输设备分别分配到该配送中心的客户和供应商。约束(3-13)和约束(3-14)确定使用的运输设备。约束(3-15)保证了每个运输车的总行驶距离满足车辆最大总距离限制。约束(3-16)定义了第二阶段问题模型中涉及到的决策变量。

对第二阶段问题数据进行求解之前，首先对第一阶段问题结果进行处理，将与配送中心建立联系的供应商、客户到配送中心的距离进行求和，得到新的距离值=+，生成关于的距离矩阵，将满足条件>的值替换为（为无限大值），此时的可以视作一个指派问题，对该问题进行求解可得到运输设备最终的调度方式，将结果带回第一阶段问题中即可得到原始问题的解。

**4 仿真实验及结果分析**

本部分通过仿真实验对算法的性能进行了评估。本文所用到的算法被编码到了MATLAB R2017a中进行实验论证。所有的分析结果均是通过MATLAB生成后录入Excel中进行分析得到的。本部分内容首先生成若干组实验实例，然后将这些数据代入程序中来评估算法的性能。在验证了算法性能的同时还发现了算法存在的一些不足之处，在本部分内容的最后进行了说明。

4.1 参数设定

本部分基于第2,3部分中设计的模型和算法，分别生成了若干组供应商-配送中心-客户数量规模大小为的实验数据，其他参数设置如表4-1所示：

表4-1 相关参数设定表

|  |  |
| --- | --- |
| 参数设定 | |
| 配送中心容量模式 |  |
| 配送中心不同容量模式对应成本 |  |
| 客户需求量 | 中产生的随机值 |
| 运输设备最大行驶距离初始值 | 输入坐标后生成的距离矩阵最大值 |
| 运输设备固定成本 | 100 |
| 运输成本与距离相关系数 |  |

为了评估该算法的性能，使用Excel对所得数据进行了统计。一般性能用最优性差距表示。运算性能通过算法所用时间差异表示。结果差异值的计算公式如下：



其中为同一组数据经过运算后得到的总成本最大值，为所得最小值。ρ值越小，则越能证明算法的稳定性较强，反之则说明波动性较大。

4.2 坐标选取范围对结果的影响

此部分内容对应第一阶段问题模型的求解结果，首先考虑坐标选取方式对实验结果的影响。由于无法确定不同节点坐标范围与其他参数之间的隐性关系，因此节点坐标的生成采用了两种不同模式的生成方式：

1）方式一：非均匀分布，坐标群不在同一区域范围内生成；

2）方式二：均匀分布，坐标群在同一区域范围内生成；

在第一种情况中，对供应商、配送中心以及客户设置的区间分别为（10~20,10~20）、（20~30,20~30）以及（40~60,40~60），此模式更贴近于分销网络流程图表示的情况，供应商和客户分布于配送中心两侧，类似于跨区域配送。具体结果与分析如下：

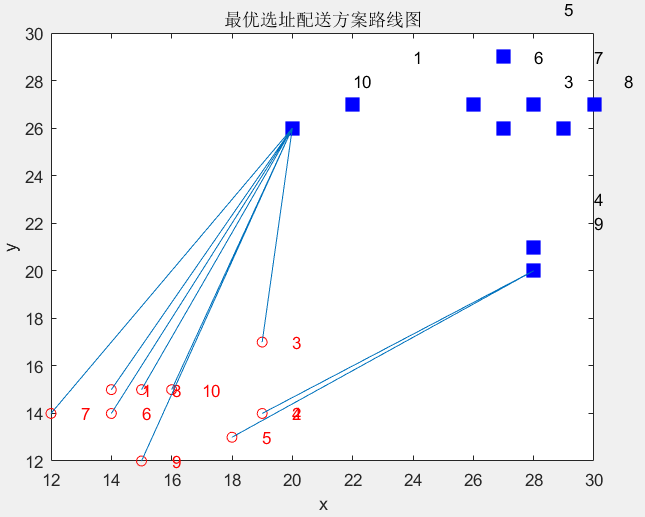
****

图4-1 供应商-配送中心匹配图

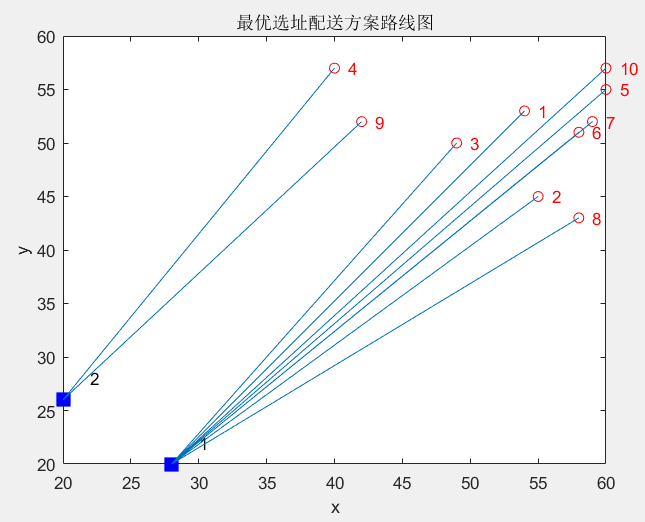
****

图4-2 配送中心-客户匹配图

上图为当坐标根据第一种方式生成时10\*10\*10规模的数据集生成的选址-分配方案，其中图4-1表示被开启的配送中心序号为9和10，由配送中心9和配送中心10服务于全部供应商及客户，其中配送中心9负责接收供应商2，4，5提供的小麦。配送中心10负责接收供应商1，3，6，7，8，9，10提供的小麦。图4-2表示由配送中心9负责对客户1，2，3，5，6，7，8，10供给小麦，配送中心10负责对客户4和9提供小麦。

而在第二种坐标生成方式中，对供应商、配送中心以及客户设置的区间均为（10~100,10~100），经过反复调整参数范围后发现当三类节点坐标均处于相同区间时，所得结果只会影响此类情况下的结果，并不会对两种情况的差异性产生明显影响。此模式特征为供应商和客户与配送中心混合分布，类似于相同区域配送。具体结果与分析如下：

下图为当坐标根据第二种方式生成时10\*10\*10规模的数据集生成的路径匹配方案，被开启的配送中心序号为1，5，6，7，8，9。其中图4-3表示配送中心1负责接收供应商1，7提供的小麦，配送中心5负责接收供应商2，4提供的小麦。配送中心6负责接收供应商9提供的小麦，配送中心7负责接收供应商3，5，6提供的小麦，配送中心8负责接收供应商10提供的小麦，配送中心9负责接收供应商8提供的小麦。图4-4表示由配送中心1负责对客户6供给小麦，配送中心5负责对客户4提供小麦，配送中心6负责对客户1，2提供小麦，配送中心7负责对客户8提供小麦，配送中心8负责对客户3，5，7，9提供小麦，配送中心9负责对客户10提供小麦。

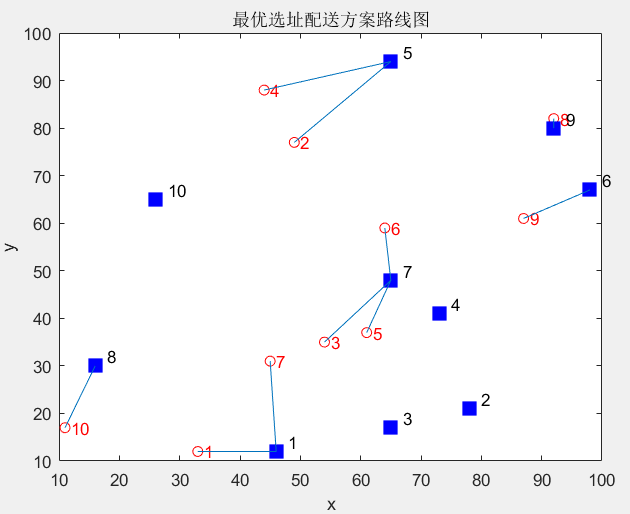
****

图4-3 供应商-配送中心匹配图

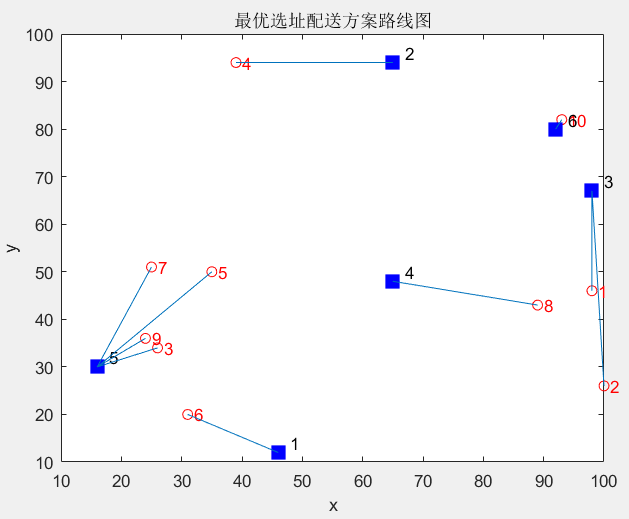
****

图4-4 配送中心-客户匹配图

通过对两种不同坐标生成方式所得结果进行对比分析后，发现当坐标通过第一种方式生成时，选址-分配问题的解一般为开启极少量容量最大的配送中心，极端情况下甚至只需要2~3个大容量配送中心即可。而通过第二种方式生成坐标时，问题的解一般显示为需要开启多个不同容量大小的配送中心。通过结合实际进行分析，这种情况的产生可能是因为在第一种方式下，各节点群距离过远，即使开启了新的配送中心，对于运输成本的节省量不足以覆盖其固定成本，因此尽可能得在满足容量约束的前提下使用更少的配送中心。而在第二种方式下，因为三类节点群均处于同一范围，开启新的配送中心对于运输成本的节省量高于其固定成本，因此可以通过新增配送中心完成对成本的降低。

两种坐标生成方式对于整体运行结果并没有太大差异，下图是50组不同数据运算所需平均时间以及ρ值平均值对比图：

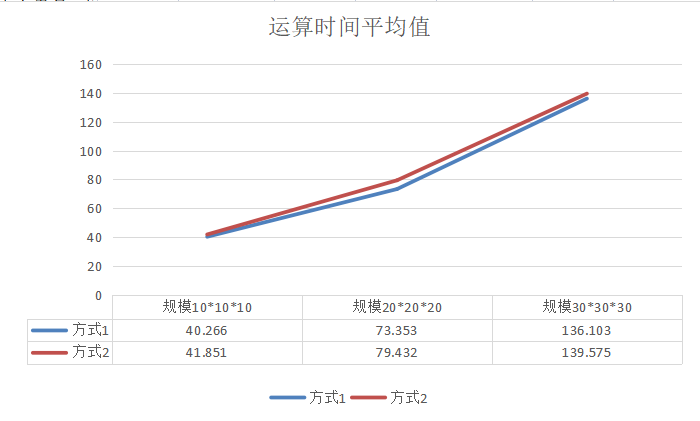


图4-5 平均运算时间图

图4-5表示了不同坐标生成方式下三种数据规模对应的运算时间，通过该图可以得出，随着数据规模的增大，运算所需时间显著增加，这也符合实际情况，规模为20\*20\*20所对应的时间超过10\*10\*10规模的2倍，但30\*30\*30规模的运算时间相对于前一种规模所需运算时间增量更加明显，说明该算法对于数据规模较大的情况敏感性较强。

![LI(YCP5UKJPQV)51NN](ZW7](data:image/png;base64,)

图4-6 ρ平均值

图4-6表示了不同坐标生成方式下三种数据规模对应的ρ值，通过对ρ值进行观察，可以发现对于10\*10\*10规模以及20\*20\*20规模的两组数据，采用方式一生成坐标最终结果会相对稳定，因为运输成本较高，可以极大程度限制其他配送中心开启的情况产生，而对于更大规模的数据，由于点数更加密集，因此可能会出现多点距离较近导致偏离最优值的情况出现，从而导致ρ值上升，但却仍在可接受范围内。对于以方式二生成坐标的实验结果，ρ值同样与数据规模呈正相关，并且数据规模越大，ρ的值增长会越明显。

为了探究不同启发式算法对于该问题的求解结果及性能，还进行了遗传算法与模拟退火算法在不同数据规模下的结果对比，具体结果如表4-2所示：

表4-2 算法性能对比结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 数据规模 | 平均求解时间 | | ρ值 | | 最优结果 |
|  | GA | SA | GA | SA | GA/SA |
| 10 | 40s | 50s | 0.5% | 0.8% | SA |
| 20 | 73s | 86s | 1.2% | 1.8% | GA |
| 30 | 136s | 158s | 2.1% | 3.7% | GA |

可以看出从整体来看遗传算法的整体求解结果以及结果的误差值都优于模拟退火算法，当数据规模较小时，模拟退火可以更好地得到最优解，但随着数据规模增大，模拟退火算法更容易陷入局部最优当中，而遗传算法一方面运算时间短，另一方面由于它的容错性更强，并且在时以种群为单位进行搜索，因此更容易找到全局最优解。因此从整体看遗传算法更适合求解第一阶段的选址-分配问题。

4.3 最大行驶距离对运输设备分配的影响

此部分内容对应本文第二阶段问题模型的实验结果及分析，由于在第二阶段问题中运输设备是在满足最大行驶距离约束下先由供应商到配送中心，再从配送中心到达客户端，因此为了讨论距离约束对结果的影响，将所有运输设备容量均设定为最大容量值200。

由于在第一阶段问题中已经在考虑到了供应商供应能力，备选配送中心容量以及客户需求量并完成了匹配，因此在第二阶段问题中只考虑车辆路径的合并问题，本部分实验参数设定情况如下：运输设备容量200，车辆最远行驶距离h初始值为第一阶段问题求解结果中距离最大值，并根据距离矩阵对限制值进行方便结果比对的调整。由于配送中心工作量越大结果更显著，所以以第一种方式生成10\*10\*10规模坐标群。

本部分只考虑运输成本和运输设备固定成本，不考虑容量因素。具体实验过程与结果分析如下：

（1）首先根据第一阶段问题的选址-分配结果确定被选择的配送中心序号、坐标以及与其建立路径的全部供应商及客户序号、坐标。并根据配送中心序号，对关联供应商及客户进行分组。

（2）根据供应商及客户序号按照由小到大的原则对其进行重新排序。

（3）分别生成配送中心与供应商及客户的距离矩阵。

（4）以配送中心为单位，分别对供应商-配送中心距离，配送中心-客户距离进行两两匹配，生成m\*n的距离矩阵（m为供应商数量，n为客户数量）。

（5）对数据进行预处理，将距离矩阵中数值大于h的值全部替换为10000（即该种合并方式不可行）。

（6）将配送调度问题转化成特殊的指派问题，对新的距离矩阵使用进行求解，得到最优合并方案。

本部分第一阶段问题得到的选址-分配方案如表4-2所示：

表4-3 一阶段选址分配结果

|  |
| --- |
| 选址分配结果 |
| 已选配送中心序号：5，7 |
| 配送中心5服务供应商序号：2，5，8，9，10 |
| 配送中心5服务客户序号：1，2，3，4，9 |
| 配送中心7服务供应商序号：1，3，4，6，7 |
| 配送中心7服务客户序号：5，6，7，8，10 |

以配送中心7为例，计算求得其与供应商及客户距离和矩阵，如表4-3所示：

表4-4 距离和矩阵

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 距离合矩阵 | | | | |
| 97.6745 | 104.237 | 101.9805 | 106.8361 | 115.2792 |
| 103.4374 | 109.9999 | 107.7434 | 112.599 | 121.0421 |
| 109.0636 | 115.6261 | 113.3696 | 118.2252 | 126.6683 |
| 94.2352 | 100.7977 | 98.5412 | 103.3968 | 111.8399 |
| 99.2344 | 105.7969 | 103.5404 | 108.396 | 116.8391 |

第一阶段所得距离矩阵中距离最大值为103.2376，将其设置为最大行驶路径初始值。根据对距离矩阵进行处理，将数值大于的值替换为10000。得到新距离和矩阵如表4-4所示：

表4-5 新距离和矩阵

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 距离合矩阵 | | | | |
| 97.6745 | 10000 | 101.9805 | 10000 | 10000 |
| 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |
| 94.2352 | 100.7977 | 98.5412 | 10000 | 10000 |
| 99.2344 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

将问题视为特殊的指派问题，对新距离和矩阵使用匈牙利法进行求解，表4-5展示了求解结果：

表4-6 合并结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 距离合矩阵 | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

行驶距离：20302.0126。

根据得到的结果可知，合并方案为供1-客3，供2-客4，供3-客5，供4-客2，供5-客1。总行驶距离大于10000，即说明存在匹配结果大于值，但由于求解过程中强制配对，因此如果解对应的距离和矩阵中的数值小于10000，即保留结果，否则将不进行合并处理。

结合实际情况可得，最终的车辆分配结果如表4-6所示：

表4-7 运输设备分配情况

|  |
| --- |
| 具体分配方式 |
| 设备1：负责供应商1和客户7 |
| 设备2：负责供应商3 |
| 设备3：负责供应商4 |
| 设备4：负责供应商6和客户6 |
| 设备5：负责供应商7和客户5 |
| 设备6：负责客户8 |
| 设备7：负责客户10 |

相较于第一阶段问题得到的分配结果，经过第二阶段问题优化的结果成本虽然在运输成本上没有减少，但在运输设备的固定成本方面却得到了明显减少，对于固定成本比重较大的情况可以减少非常可观的成本。

通过更改运输设备最大行驶路程的值，还可以得到其他的设备合并方案，过程同上。

5 总结与展望

5.1 本文总结

在供应链网络设计问题中，通常假设候选设施的容量是固定的，方便数学模型的搭建以及算法的运行。但在实际过程中容量通常是不确定的，是可供选择的。这样其实会对模型的构建以及算法的设计产生很大影响，也是需要在日后的研究中需要考虑到的情况。另一个问题同样是与供应链网络设计问题息息相关的，那就是车辆调度问题。

求解运输规划能力的供应链网络设计问题是本文的主要研究内容。本文首先对我国小麦分销网络进行了整合简化，并根据简化后的网络搭建了一个考虑到运输规划的三级供应链网络设计模型，并提出了一种两阶段算法，通过将选址-分配问题与车辆调度问题拆分，分别构建了新模型并进行了求解。对于第一阶段问题模型，采用了遗传算法进行了求解，将得到的最优值代入第二阶段问题进行车辆配送调度，最终将第二阶段问题的优化结果返回第一阶段问题后得到了原始问题，即三级供应链网络设计问题的最优解。

在仿真实验部分，对提出的算法进行了评估，通过对结果的误差值计算反映了算法的性能。之后分别对坐标群位置，运输设备最大行驶距离对供应链网络设计及路径规划的影响进行了分析。

针对坐标群生成的位置关系，本文主要对比分析了均匀生成坐标群以及非均匀生成坐标群对应的数据结果，并结合实际情况对该结果的出现进行了分析解读，最终发现当三级节点区域距离较远情况下配送中心的开启数量相较于距离较近时将会有所下降，并且选择的模式均为大容量模式，这是因为当距离较远时，各配送中心到其他两节点所在区域值差异较小，新增配送中心所增加的成本对总成本的影响较为明显，因此会选择扩大容量以求得较小成本。

在讨论运输设备最大行驶距离约束产生的影响时，本文通过对数据进行预处理，对于每个配送中心。都将供应商到其距离以及客户到其距离进行求和生成新的距离矩阵，并将距离矩阵中大于设备最大行驶距离的值设置为不可接受值（相对于其他值无限大）。之后将问题作为一种特殊的指派问题，使用匈牙利法对新的距离矩阵进行求解，得到了车辆合并方案，并可以通过对最大行驶距离进行调整得到不同的合并方案。

5.2 未来展望

由于我国目前针对粮食供应链网络设计的研究相对较少，同时随着人口的逐渐增加，粮食供应链问题将会得到越来越多的重视，因此对此领域的研究是非常有必要的。

本文还存在着一些不足，在之后的研究过程中可以进行优化：

（1）没有整体考虑供应链网络设计问题及车辆调度问题，而是将其拆分成两个阶段进行分别求解，这与实际情况可能还存在着一些差异。

（2）由于第一阶段问题采用的是遗传算法，可能会陷入局部最优解，因此有时并不能得到最优解，想要更好地贴合实际，还需要选用多种元启发式算法进行对比验证，或者使用更加精确的算法作为支撑进行求解。

（3）本文是通过仿真生成的数据进行实验分析的，没有实例为算法进行支撑及验证，并且参数选取方面可能与实际情况存在出入。

但本文的模型及算法设计思路可以在未来对其他粮食类供应链网络设计问题甚至其他领域的供应链网络设计问题研究提供参考意义，之后还可以拓展到考虑多资源，多运输方式及具有时间约束的其他问题研究中去。

随着粮食资源分配的压力逐渐增大，未来粮食供应链网络设计将会受到广泛的关注，我会在未来的研究中考虑到更多约束条件，采用更加精确的算法，为粮食供应链网络设计甚至其他领域的研究提供良好的参考价值。

致 谢

历经大半年的文献查阅、资料整理、模型搭建、数据处理以及实例验证，一步一步地将自己最初的任务计划逐一完成，如今总算是顺利地完成了毕业设计的撰写。从2018年9月份入学直到如今，四年间认真的学习以及刻苦的付出，随着本文的完成，也代表着我在本科期间的学习生活，终于可以划上一个较为完美的句号。认真回想一下这四年中求学过程中的点滴，遇到了太多挫折与困惑，但还是凭借毅力坚持了下来。我的毕业设计可以顺利完成，要感谢很多在撰写过程中给予了我帮助的人。

首先要感谢我的指导教师王林老师，因为这篇论文是在王老师的悉心指导之下才完成的。本文的研究主题是参考了王老师的研究方向才得以确定，在文章后续完成的过程中，王老师也给予了我许多相关领域的文献，并且在跟老师进行进度汇报后王老师也提出了宝贵的意见。王老师指引着我的论文的写作方向及整体架构，指出了其中不妥之处，并给予了我正确的思考以及撰写方向。不仅是我，王老师还需要指导很多师兄师姐的论文，再加上王老师本身还有繁重的教学任务，工作量非常大，但王老师还是对我以及其他同学的文章体现出了足够的重视，并且还会专门召开组会请师兄师姐一起讨论论文内容，给予我更多宝贵的意见。因此在这里，谨向王老师表达内心最真实、最崇高的敬意和感谢！感谢王老师在我完成论文过程中给予我的帮助。

除了王老师之外，论文可以顺利开展并完成，也离不开各位师兄师姐的宝贵意见以及耐心的辅导。在此同样由衷地感谢王思睿、吴彬溶以及张子卿师兄。在论文的模型搭建以及算法设计部分，几位师兄都为我提供了宝贵的建议和意见，这两部分的内容才得以更好地进行优化，并且还为我提供了实例验证以及结果分析的思路，最终我才得以完成本篇论文。我还要感谢在大学期间，所有传授我知识以及帮助过我的老师们，是你们的悉心教导我才能拥有良好的专业知识来完成论文，为我打下了良好的基础。

最后还要感谢四年里一直陪着我的父母以及同学们，是你们在四年里包容了我的每一次烦躁，缓解了我的每一次焦虑，给予了我一次又一次的鼓励，不求回报，只承载着对我满满的期待，让我成为了更好的自己。

参考文献

1. Pirkul H , Jayaraman V . A Multi-Commodity, Multi-Plant, Capacitated Facility Location Problem: Formulation and Efficient Heuristic Solution[J]. Computers & Operations Research, 1998, 25(10):869-878.
2. Amiri A . Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 171(2):567-576.
3. Ardalan Z , Karimi S , Naderi B , et al. Supply chain networks design with multi-mode demand satisfaction policy[J]. Computers & Industrial Engineering, 2016, 96(Jun.):108-117.
4. Soleimani H , Seyyed-Esfahani M , Shirazi M A . A new multi-criteria scenario-based solution approach for stochastic forward/reverse supply chain network design[J]. Annals of Operations Research, 2016, 242(2).
5. Zohal M , Soleimani H . Developing an ant colony approach for green closed-loop supply chain network design: a case study in gold industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 133(oct.1):314-337.
6. Eskandarpour M , Dejax P , Peton O . A Large Neighborhood Search heuristic for Supply Chain Network Design[J]. Computers & Operations Research, 2017, 80:23-37.
7. 段丽梅, 唐克生. 基于混合整数规划的供应链网络设计[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2017, 33(5):4.
8. 刘星, 段浩然, 王晓媛,等. 不确定环境下应急救援供应链网络设计[J]. 综合运输, 2019(5):6.
9. 张晓玲. 需求不确定下多级低碳供应链网络设计优化[D]. 东南大学.
10. 蒲松, 夏嫦. 基于二阶段随机规划的城市医疗废弃物回收网络设计[J]. 中国管理科学, 2021, 29(5):7.
11. Bilgen B , Ozkarahan I . A mixed-integer linear programming model for bulk grain blending and shipping[J]. International Journal of Production Economics, 2007, 107(2):555-571.
12. 孙丹, 宋继华, 张晓东. 重大自然灾害下黑龙江省粮食应急物流的库存控制研究[J]. 商场现代化, 2016(30):2.
13. Thakur M , Wang R , Hurburgh R R . A multi-objective optimization approach to balancing cost and traceability in bulk grain handling[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 101(2):193-200.
14. Tanksale A , Jha J K . Benders decomposition approach with heuristic improvements for the robust foodgrain supply network design problem[J]. Journal of the Operational Research Society, 2019:1-21.
15. Zokaee S , Jabbarzadeh A , Fahimnia B , et al. Robust supply chain network design: an optimization model with real world application[J]. Annals of Operations Research, 2017, 257(1-2):15-44.
16. Poudel S R , Marufuzzaman M , Bian L . A hybrid decomposition algorithm for designing a multi-modal transportation network under biomass supply uncertainty[J]. Transportation Research Part E Logistics & Transportation Review, 2016, 94(oct.):1-25.
17. Ardalan Z , Karimi S , Naderi B , et al. Supply chain networks design with multi-mode demand satisfaction policy[J]. Computers & Industrial Engineering, 2016, 96(Jun.):108-117.
18. Hajghasem M , Shojaie A A . Optimal Routing in Supply Chain Aimed at Minimizing Vehicle Cost and Supply[J]. Procedia Economics and Finance, 2016, 36:353-362.
19. Mostafa N A , Eltawil A B . The production-inventory-distribution-routing problem: An integrated formulation and solution framework[C]// 5th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM 2015). IEEE, 2015.
20. 殷玲玲,贾兆红. 基于改进蚁群算法的物流车辆调度优化问题的研究[J]. 青海师范大学学报：自然科学版, 2020(2):7.
21. Gholamian M R , Taghanzadeh A H . Integrated network design of wheat supply chain: A real case of Iran[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2017, 140:139-147.
22. Mogale D G , Kumar S K , Márquez, Fausto Pedro García, et al. Bulk wheat transportation and storage problem of public distribution system[J]. Computers & Industrial Engineering, 2017, 104:80-97.
23. 田铖. 城市配送中心多目标选址与车辆调度优化研究[D]. 重庆邮电大学.
24. Chen, Chao, Tian, et al. Optimization of two-stage location–routing–inventory problem with time-windows in food distribution network[J]. Annals of Operations Research, 2018.
25. Paul J A , Zhang M . Supply Location and Transportation Planning for Hurricanes: A Two-stage Stochastic Programming Framework[J]. European Journal of Operational Research, 2018, 274(1).



**本科毕业设计（论文）任务书**

题 目 小麦分销网络设计方法与应用研究

（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1801班

姓 名 王逸轩

学 号 U2018130351

指导教师 王林

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：  本课题研究内容为我国粮食供应链网络的设计及分析。首先对我国粮食的供应链体系进行了解，由于现阶段国内外文献大多为针对某一具体产品进行的供应链网络设计，因此本设计也主要围绕小麦或水稻这类典型作物进行分析。  首先建立关于网络设计的数学模型，之后通过启发式或元启发式算法对模型进行求解，最终通过实例来验证所选方案的可行性以及优化成果。 |
| 课题任务要求：  调研我国粮食供应链网络设计现状，参考国内外粮食相关文献建立混合整数线性规划模型，并设计算法进行求解，提出网络设计方案，培养学生文献阅读能力、思维能力以及分析能力。 |
| 主要参考文献（由指导教师选定）：   1. Ragheb Rahmaniani , Teodor Gabriel Crainic, Michel Gendreau , Walter Rei.The Benders decomposition algorithm: A literature review.European Journal of Operational Research 259(2017)801-817 2. Tjendera Santoso, Shabbir Ahmed, Marc Goetschalckx, Alexander Shapiro.A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty.European Journal of Operational Research 167 (2005) 96–115 3. Ajinkya Tanksale & Jitendra K. Jha.Benders decomposition approach with heuristic improvements for the robust foodgrain supply network design problem.Journal of the Operational Research Society, 71:1, 16-36 |
| 同组设计者 |
| 指导教师签名：  年 月 日 |