

# 不确定环境下多式联运路径多目标优化探讨

刘风华（东营市危险化学品道路运输安全管理服务中心，山东 东营 257091）

**摘要：**目前，基于现代社会经济发展背景下，多式联运也因此获得了良好的发展前景，并且逐渐受到整个社会的高度重视。对于多式联运而言，主要指的是物流运输发展的高阶段，在未来多式联运研究工作发展中，主要研究内容就是多式联运路径的多目标优化工作。基于不确定环境下的多式联运网络，对整个运行过程中所需要的成本投入以及时间等因素进行充分考虑的情况下，构建出双目标优化模型，可以有效减少时间以及成本的投入。在具体的求解过程中，设计了相应的启发式算法。本文主要基于不确定环境下，对多式联运路径多目标优化进行了深入分析，并结合实际情况提出了一些有效的优化措施，希望能为相关人员提供合理的参考依据。

**关键词：**不确定环境；多式联运；路径；多目标优化

在现有的运输组织形式中，多式联运属于一种非常重要的运输模式，通过制定出有效的多式联运路径，同时加强对路径决策的优化工作，不但可以有效减少运输成本的投入，并且还能在很大程度上提升运输效率与质量。通常情况下，在多式联运路径优化过程中，其优化质量经常会受到决策目标的影响，一般比较普遍的优化目标有最小成本、最短时间、最低风险以及最低碳排放等多个方面。但是，对于传统的决策目标而言，具有非常明显的单一性，所以在运输实践过程中所发挥的指导价值比较低，主要是因为真实情况下，决策目标并不是唯一存在的。比如，货主所运输的某些货物，如果具有非常明显的时效性以及高附加值等特点时，一般对于运输时间有着非常高的要求，需要在最快的时间内进行交付，但是，当提升运输速度之后，不可避免会导致运输成本的增加。因此，应该选择一种能提升企业经济效益的运输方案，在减少运输时间的同时，还能降低运输成本的投入，通过实现最优路径，对于提升企业经济效益以及服务质量有着非常重要的意义。

## 1 加强多式联运路径多目标优化研究工作的重要性

对于多式联运路径多目标优化研究工作而言，其中涉及到的学科比较多，主要有计算机方技术、计算机理论、概率论、数理统计、交通科学以及管理学科等，将各类不同学科之间进行有效融合，属于一门多学科的综合学科，从而可以产生新的理论与方法。因此，加强多式联运路径多目标优化研究工作有着非常重要的意义。现如今，基于我国社会经济水平不断提升的背景下，运输网络建

设水平也在原来的基础上实现了明显提升，并且网络规模不断扩展，运输路线不断延长，交通总量一直呈现出上升的趋势，这也加快了运输环境变化速度，从而导致各种突发问题的产生，一般主要体现在交通事故或者是自然灾害等方面，一旦出现突发状况，可能会造成道路中断，所以在运输网络中，具有非常明显的不确定性。基于交通运输角度进行分析，基于不确定环境下，最优路径问题与实际运输网络更接近，加强多式联运路径多目标优化工作有着非常重要的意义。

基于多式联运实际角度进行深入分析，通常情况下，在多式联运路径决策过程中，主要是面临不确定环境与班期等问题，所以，本文基于不确定环境下，构建了多式联运路径多目标决策模型。

## 2 问题描述与建模建设

### 2.1 问题描述

针对于多式联运网络而言，根据应用中的实际情况进行分析，其中节点建的货物运输涉及到了非常多的运输方法。但是，在实际的运输过程中，因为受到天气以及事故等因素的影响，所以具有非常明显的不确定性。当采用不一样的运输方法时，在节点位置转运会产生相应的转运时间与成本。同时，在多式联运网络当中，铁路与水路运输通常都是严格按照相应的班期来发挥，所以，货物很难实现即到即走，一般需要到了发班时间之后，才能将货物发出。所以，在具体的分析过程中，需要充分考虑节点位置处转运不同方式是否存在班期限制这一因素。本文在不确定环境下，构建出了双目标优化模型，不但所需成本最低，同时运输时间也最少，通过对该模型的有效构建，获取起点到终点的

最短路径。

## 2.2 模型假设

关于模型假设，其内容主要体现在了以下几个方面：第一，对于所运输的货物，具有非常明显的单一性与不可分割性；第二，在不同节点之间，已经明确了单位运输过程中所需要的成本费用；第三，在不通过节点之间，已经明确了运输时间随机分布；第四，对于不同的运输方式，已经明确了转运时所需要的时间与成本；第五，当货物运输到节点之后，需要在需要进行转运的情况下，需要立即对货物进行装卸；第六，当货物已经转运结束之后，需要按照所选择的运输方法最近班期，然后开展后一行程的运输。

## 3 问题求解

对于多式联运路径优化问题而言，属于 NP 难问题，在最短路径问题最优解质量以及搜索效率平衡等问题中，蚁群算法因为可以发挥出非常明显的优势，所以在多目标问题解决过程中有着比较广泛的应用。

因为对班期问题的考虑，所以在不确定环境下，增加了问题的难度与复杂性，假设，在多式联运网络结构中一共涉及到了 8 个节点，节点 3 → 节点 5 → 节点 8，这之间属于多式联运最短路径当中的一部分。货物从节点 3 采用公路运输的方式达到节点 5，以及货物从节点 5 通过铁路运输的方式达到节点 8，都制定出了对运输时间的期望。

### 3.1 利用蒙特卡洛方法模拟不确定性

对于蒙特卡洛方法而言，主要是通过采取随机数与概率分布的形式，对不确定以及确定性问题进行有效处理。通过给出一定数量的样本，由优化目标的样本平均值估计优化目标真实值，从而可以对优化问题进行有效求解。严格参照强大数定律，在对目标样本进行优化之后，如果所得到的数量比较大时，那么样本平均值为优化目标真实值的无偏估计量。

### 3.2 改进蚁群算法

基于多目标规划当中，当解  $x_A$  的所有目标都优于解  $x_B$  的目标时，那么就可以判定是由  $x_A$  来支配  $x_B$ ，如果是在无解支配  $x_A$  的情况下，那么  $x_A$  属于非支配解。

求解多目标规划的改进蚁群算法信息素更新结合非支配解，对于路径信息素而言，主要是由留存的信息与非支配解对应蚂蚁的信息素决定。当对路径信息素进行更新之后，可以对浓度产生一定的限

制作用，从而有效防止过早收敛问题的产生，并且还能引入将方向启发因子引入到其中，从而促进迭进的速度。同时，当采用蚁群算法对大规模问题进行解决的过程中，可以有效解决因为迭代速度较低而引发的求解质量较低的问题。

### 3.2.1 多式联运网络编码与参数初始化

将原本的多式联运网络节点进行有效拆分，将其划分为两个部分之后，在形成新的节点。对于新节点的整数为是原节点数，小数位是运输方式的编码。对蚁群算法所涉及到的相关参数进行初始化处理。

### 3.2.2 蚂蚁移动寻找路径

结合相关的运输实践结果可以了解到，从起到开始一直到终点，在最短路径当中任意一段，与起点 - 终点连接间的夹角，一般都非常小，由此可以看出，最短路径方向都是按照循着目的地的方向。也就是下一备选路径与起点——终点连接角之间所形成的夹角，其大小与成为最短路之间的概率，呈现出了负相关关系。

通过以上内容进行分析，本文提出了方向启发因子的概念，将备选路径与起点——终点连接间形成的夹角，通过方向启动因子，将状态转移政策引入到其中，从而在应用蚁群算法的基础上，当对下一节点进行选择时，不但要对两点之间所产生的物理距离以及信息素等进行充分考虑，同时还需要对下一备选路径与起点——终点连线间所形成的夹角进行深入分析。

每一只蚂蚁从起点出发之后，首先对下一节点的可行路径进行明确，并将其存入到  $allowed_k$  中，如果在  $allowed_k$  为空集的情况下，那么蚂蚁需要重新返回到起点，然后再对路径进行选择。

## 4 算例分析

本文主要以某公铁海联运实例进行分析，在该实例当中，一共涉及到了 25 个节点，在此基础上构建出了起点与终点明确的多式联运网络。假如在不同节点处，同一运输方式的班期相同，不同运输方式班期具有一定的差异，其中当采取公路运输方式时，发班时间为 6:00，收班时间为 22:00，每班间隔的时间为 2 个小时。如果采取铁路运输方式时，发班时间为 6:30，收班时间为次日 0:30，每班间隔的时间为 3 个小时。最后水路运输方式，发班时间为 00:00，收班时间为 12:00，每班间隔的时间为 12 个小时，其中，公路运输时间波动范围在 20% 左右，铁路与水路的运输波动之间在 10% 左右。

#### 4.1 算法对比

当采用蚁群算法时,需要完成对相关参数的设定工作,其中,将蚂蚁数量设定为20,将迭代次数设定为20,蒙特卡洛模拟次数 $K=1000$ , $\alpha=0.8$ , $\beta=0.2$ , $p=0.3$ ,货物的重量为1t,对蚁群算法、方向蚁群算法、信息素限制蚁群算法以及基本蚁群算法进行改进,分别运行50次。

结合具体的分析结果来看,方向蚁群算法的解集平均值要明显高于基本蚁群算法与信息素限制蚁群算法11%~25%,由此可以看出,方向启发因子可以提升迭代的速度。其次, $P_n$ 低于24%~57%,由此可以看出,容易出现过早收敛现象,从而不能为后期决策提供更多的参考。4.2 算法参数分析

当采取算法参数分析的方式时,对相关参数进行有效设定,其中将蚂蚁个数设定为20,将最大迭代次数设定为30, $\alpha$ 取值在0.7~0.9之间, $\beta$ 取值在0.3~0.1之间, $p$ 取值为0.2~0.4之间,剩余的其他参数保持固定不变,在此基础上分别进行了五十组的对比实验操作。结合最终的实验结果进行分析,当 $\alpha$ 为0.9, $\beta$ 为0.1, $p$ 为0.4的情况下,实验过程中的平均 $P_n$ 波动超出了1,实验平均解集的平均值整体波动都低于5%。

假设最大迭代次数为30次,在剩余参数保持不变的情况下,那么明确出蚂蚁数分别为10、15、20以及25,在开展了50组的对比实验分析之后。当采用不同的蚂蚁数算法时,都能在比较低的迭代次数环境下,使实验平均 $P_n$ 与解集平均值接近定值。在迭代结束之后,实验平均 $P_n$ 与统一值比较接近,实验平均解集平均值波动低于5%。结合以上的实验结果进行对比分析,当对蚁群算法进行改进之后,对于参数设置方面所提出的要求比较低,并且算法在实际的应用过程中,具有一定的鲁棒性。

#### 4.2 非支配解分析

在最终的算例结果中,取出一部分非支配解,形成了几种不同的方案,第一种方案,总成本为152.41万元,总时间为7462min,具体路径,塑州铁路运输达到黄骅,然后在由水路达到上海;第二种方案总成本为179.75万元,总时间为7311min,塑州铁路运输达到大同,在由铁路运输达到秦皇岛,由水路运输达到上海;第三种方案总成本为229.65万元,总时间为6892min,塑州铁路运输达到太原,在由铁路运输达到石家庄,再由铁路运输

分别达到衡水、德州、济南、青岛,最后水路运输达到上海;

非支配解与基于权重的双目标蚁群算法之间进行对比,可以获取到更好的求解结果,从而有利于制定出更多的可行方案。由此可以看出,在对双目标问题进行解决时,可支配解具有更好的适用性。

#### 5 结语

综上所述,本文基于不确定环境下,将运输成本以及运输时间作为主要的优化对象,在此基础上构建出了相应的多式联运最优路径。在对网络当中所涉及到的不确定因素进行处理时,主要是应用到了蒙特卡洛法,对基本蚁群算法转移政策以及信息素更新政策等进行改进。基于同一种环境下,分别进行了五十组试验工作,从而对改进蚁群算法的优化结果进行验证。同时对迭代次数、蚂蚁数量、信息素启发因素以及能见度启发系数等进行改变,结合最终的结果来看,算法参数的设置,一般不会对算法产生影响。同时,结合最终的算法结果来看,验证了非支配解理论在对多目标问题处理时的优势。本文对仿真算例进行了分析,结合最终的结果来看,当采取公路运输方式时,具有非常明显的灵活性,有助于提升货物的运输效率,但是会增加运输成本的投入。当采取铁路运输的方式时,各属性之间可以满足一定的平衡性。而采取海运运输方式,会延长运输时间。

#### 参考文献:

- [1] 董佳,齐博,马昌喜,郭思亮.基于组合算法的易腐货物多式联运路径优化[J].兰州交通大学学报,2022,41(01):40-51.
- [2] 刘娜,张海,杨旭.不确定条件下低碳快捷货运路径优化[J].智能城市,2021,7(21):9-10.
- [3] 张旭,袁旭梅,降亚迪.需求与碳交易价格不确定下多式联运路径优化[J].系统工程理论与实践,2021,41(10):2609-2620.
- [4] 孙岩,虞楠,董坤祥.危险品公铁联运模糊多目标路径优化研究[J].河南科学,2021,39(5):772-781.
- [5] 李珺,杨斌,朱小林.混合不确定条件下绿色多式联运路径优化[J].交通运输系统工程与信息,2019,19(4):13-19,27.
- [6] 裴晓,芦有鹏,刘斌,等.多式联运路径问题的一种混合算法[J].甘肃农业大学学报,2020,55(5):235-244.
- [7] 文军.集装箱多式联运成本控制优化模型研究[D].湖南:长沙理工大学,2010.