

不确定情况下集装箱多式联运多目标规划

甄远迪 杨 斌

(上海海事大学物流研究中心 上海 201306)

摘 要 多式联运可以结合各种运输方式的优势,在长距离运输大量货物时提供灵活、可靠和环保的选择。然而多式联运运输网络非常复杂,需要及时响应上游操作不断变化的动态和不确定,还需要同时兼顾多个存在效益悖反规律的目标。因此,怎样选择最优的运输路径和运输方式来满足多式联运经营者的运输要求显得很有必要。充分考虑集装箱多式联运过程中的多个优化目标,除了普遍关注的时间-成本之外,加入碳排放量以及转运枢纽的容量限制。为了使模型更加接近真实运输情况,还考虑了集装箱多式联运过程中的不确定情况。采用含有随机的不确定量的多目标函数来建模,构建含不确定信息的多目标优化模型。使用 MATLAB 并运用含有随机变量的粒子群算法来求解算例,而不是转换成单一目标函数,得出可行的运输路径与运输方式的组合,从而在不确定情况下,为集装箱多式联运经营者在选择恰当的运输方式和运输路径时提供决策方案。

关键词 不确定情况 集装箱多式联运 多目标规划 多目标粒子群算法

中图分类号 TP391.9 **文献标识码** A **DOI**:10.3969/j.issn.1000-386x.2018.05.004

MULTI-TARGET PLANNING OF CONTAINER MULTIMODAL TRANSPORT UNDER UNCERTAINTY

Zhen Yuandi Yang Bin

(Logistics Research Center, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract Multimodal transport combines the advantages of various modes of transport to provide flexible, reliable and environmentally-friendly options for transporting large volumes of goods over long distances. However, the multimodal transport network is very complicated and needs to respond to the dynamic and uncertainties of the upstream operations in a timely manner. At the same time, it is also necessary to take into account the multiple objectives of contradicting the law of benefits. Therefore, it is necessary to study how to choose the optimal transportation route and transportation mode to meet the transport requirements of multimodal transport operators. This article took full account of several optimization objectives in the multimodal container transport process, adding to the carbon emissions and capacity constraints of the transshipment hub in addition to the time and cost of general concern. In order to bring the model closer to the real transport situation, uncertainties in the multimodal container transport were also taken into account. A multi-objective optimization model with uncertain information was constructed by using a multi-objective function with random uncertainties. MATLAB was used to solve the case by using a PSO with random variables rather than converting to a single objective function. The feasible combination of transportation route and mode of transportation was obtained so as to provide the decision-making scheme for container multimodal transport operators in the choice of appropriate modes of transport and transport routes under uncertain conditions.

Keywords Uncertainty Container multimodal transport Multi-target planning Multi-objective particle swarm optimization

收稿日期:2017-08-30。上海市科委科研项目(14DZ2280200);上海市基础研究重点项目(15590501800);交通运输部科技项目(2015328810160);上海市科委科技创新行动计划项目(14170501500);教育部人文社会科学研究青年基金项目(15YJC630145,15YJC630059)。甄远迪 硕士生,主研领域:互联网思维下的物流创新。杨斌 教授。

0 引言

当前多式联运备受重视,它是物流运输的高级发展阶段,然而多式联运网络的复杂性需要及时响应上游操作不断变化的动态和不确定,运输还需要同时兼顾多个目标,比如成本、时间、容量约束以及低碳等。但是,运输方式的不同其技术经济特点也不一样,以致这些目标之间具有一定的效益悖反规律。因此,多式联运问题比单一模式的运输更具有挑战性,一方面是因为在多式联运中,最优路径不一定是最短路,因为还要考虑一些额外的成本,如时间、金钱;另一方面,还需要考虑一系列新的约束,这些约束与在节点转换交通方式有关,比如将货物从卡车转移到火车或船上的操作所带来的一系列问题。

对此,国内外学者近几十年来也对多式联运网络规划做出大量研究,模型构建大多数还是基于最短路或者总成本最低为目标。佟璐等^[1]用蚁群算法求解以运输时间和运输路径最短为优化目标的多式联运运输路径抉择问题。李双琳等^[2]求解配送总时间最短和配送物资未满足的总损失最小的多目标选址—多式联运问题采用的是多目标遗传算法,在其算法中使用了二维编码的非支配排序。杨秋秋等^[3]和何艳梅等^[4]则是构建了以成本最低和时间最短为优化目标的双目标多式联运最短路径选择模型。黄丽霞等^[5]以多式联运过程中总成本最小和总风险最小为目标,构建了双目标 0-1 线性规划模型。以上都是基于帕累托分析的双目标优化模型。一些文章考虑的因素较多,Bhattacharya 等^[6]用混合整数规划来优化考虑多个成本和额外的容量约束的多式联运网络时间表。Modesti 等^[7]利用一个特设的效用函数来权衡成本和时间,选择最优路径使总成本、时间和客户不便最小化。Sun 等^[8-9]用帕累托最优来选择多式联运最优路线,以达到总运输成本和时间最优,然后考虑了商品流路径、铁路服务的特定时刻表、二氧化碳排放量等的总成本最优,虽然考虑因素多,但是转化成单一目标函数来求解。Kengpol 等^[10]为降低成本、提前期、风险和二氧化碳排放,通过层次分析法和数据包络分析来确定目标函数,最终通过 0-1 规划计算最优路径。贺竹馨等^[11]考虑了时间和容量约束,优先考虑了时效性物流整体费用最小化,以 0-1 整数规划求解。陈怡霏^[12]将碳排放量和时间都转化为相应成本,构建集装箱多式联运过程总成本的单目标模型。李高波^[13]将容量

约束和服务时间作为约束,构建了以成本最小化为目标函数的单目标模型。付晓凤等^[14]建立了基于成本和时间一体化的单目标多式联运路径选择模型。王正彬等^[15]将经营收入、转运成本、因延误的保存成本和损失费用、时间价值这些因素都转换为成本费用构建了单目标规划问题。这些多目标规划研究,虽然考虑的因素较多,但最终研究是将所考虑的因素化作单目标函数来处理。因为动态不确定性在运输过程中的存在,所以有学者认为客户需求量和运输时间可以当作运输过程中的动态不确定性。Wang 等^[16]将目标设为最小成本,提出了新的带有时间约束条件的混合整数模型,运用图像变换,能够把问题变成节点作业带有运输时间约束和随机特性的最短路模型。王慧等^[17]优先考虑运输需求量是模糊的情况下,建立了以总成本最优为主要目的的多式联运运输方式和箱型运输方式的优化模型,并以改进型粒子蚁群算法求解。张得志等^[18]则有限考虑了多式联运中转运时间和运输的不确定性、时间窗限制以及转运的可能性等情况,建立了具有时效性的多式联运协同优化模型。但这些研究中加入的不确定因素较为单一,且均为单目标优化模型。

总体来讲,目前多式联运路径选择所建立的模型基本为单目标优化模型,即使考虑多个因素,也是将多个因素转化为单目标规划问题进行处理求解,少数文章是建立双目标优化模型求解,而对含有不确定信息的多式联运研究则多以单一不确定因素及单目标函数为主。对于多式联运的发展趋势,StadieSeifi 等^[19]指出在多式联运中多目标交通规划值得更多研究,需要考虑整合重置资源及同时规划多个资源,动态性和数据随机性也是研究的重要挑战。Mathisen 等^[20]指出一些关于环境等问题越来越受关注,如低碳、可持续发展。因此,本文站在多式联运经营人的角度,充分考虑影响集装箱多式联运过程路径和运输方式选择的多个因素。同时,由于交通工具的机械故障、道路检修、天气因素,或者突发交通事故等种种原因,易造成运输时间和碳排放量不确定,故本文构建了包含不确定的运输时间、碳排放量的多目标优化模型,使模型尽可能接近真实情况。然后引入含有多个随机变量的多目标粒子群算法进行求解,以避免模型在变换过程中失真,得出整个运输过程可选择的路径和每条路径上的运输方式,以及整个运输过程所花费的总成本、消耗的总时间和产生的二氧化碳总排放量,从而便于决策者根据实际运输情况做出合理的运输决策。

1 模型构建

1.1 问题描述

集装箱多式联运过程中, 货物从起始地到最终目的地间会经过多个转运节点, 在每两个转运节点间可以选择通过卡车、火车和船舶这三种运输方式来运输大量的集装箱货物, 在每个转运节点处可以选择更换另一种运输方式。

具体的运输网络结构如图1所示。 P_i 代表运输节点 $i=1, 2, \dots, n$ M_g 代表两节点之间所选择的运输模式, 集装箱多式联运过程中有三种运输方式可选, 所以通常 $g=1, 2, 3$, 分别代表公路运输、铁路运输、水路运输三种运输方式。

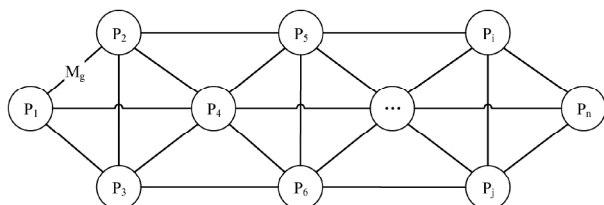


图1 多式联运网络规划结构图

本文以集装箱多式联运过程中的成本、时间、碳排放量为三个优化目标, 每个目标都由两部分组成: 一是产生于每两个转运节点间的运输过程; 二是产生于在转运节点转换运输方式的转换过程。此外, 本文考虑了运输过程中时间和碳排放量的不确定性。根据不确定性因素产生机理, 整个运输过程中的时间、碳排放量等参数的不确定性主要是随机性, 可用概率论、数理统计或随即过程理论等来处理, 本文采用随机变量来处理运输过程中的时间和碳排放量的不确定性。

1.2 问题假设

(1) 集装箱货物在多式联运过程中不拆箱、不拼箱。

(2) 不考虑集装箱货物类型以及运输方式的车型、船型。

(3) 在任意两个存在路径的转运节点之间, 只能选择一种运输方式。

(4) 只能在节点处更换运输方式, 且在一个节点只能更换一次运输方式。

(5) 在转运节点处不考虑更换运输方式时的设备条件限制及容量限制。

(6) 假设运输总能满足货物最终送达的时间要求。

(7) 假设根据调查, 城市之间相应的运输时间、碳排放量, 以及不同运输方式之间的转换时间和转换的

碳排放量符合正态分布。

1.3 符号说明

P 为所有运输节点的集合, 在节点处可更换运输方式; M 为运输模式的集合, 集装箱多式联运有三种运输方式可选择, 即公路、铁路和水路运输; x_{ij}^a 为 0-1 变量, 若集装箱货物从节点 i 到节点 j 之间以运输方式 a 进行运输, 则 x_{ij}^a 值为 1, 否则为 0; c_{ij}^a 代表每单位货物由节点 i 以运输方式 a 运输到节点 j 所需的单位运输成本; d_{ij} 代表节点 i 与节点 j 之间的运输距离; q 代表所运输的集装箱货物的总量; y_j^{ab} 为 0-1 变量, 若在节点 j 处运输方式从 a 转换为 b , 则 y_j^{ab} 值为 1, 否则为 0; c_j^{ab} 代表在转运节点 j 处货物由运输方式 a 转换为运输方式 b 的转运成本以及装卸成本; t_{ij}^a 代表集装箱货物从节点 i 以运输方式 a 运输到节点 j 所需的时间; t_j^{ab} 代表集装箱货物在转运节点 j 处从运输方式 a 转换为运输方式 b 所需的转运时间及装卸时间; e_{ij}^a 代表集装箱运输过程中从节点 i 以运输方式 a 运输到节点 j 所产生的温室气体排放量; e_j^{ab} 代表在转运节点 j 处, 从运输方式 a 转换为运输方式 b 的转换过程及装卸等过程所产生的温室气体排放量。

1.4 模型建立

$$\min Z = (\min c, \min t, \min e)^T \quad (1)$$

$$c = \sum_{i \in P} \sum_{j \in P} \sum_{a \in M} x_{ij}^a \cdot c_{ij}^a \cdot d_{ij} \cdot q + \sum_{j \in P} \sum_{a \in M} \sum_{b \in M} y_j^{ab} \cdot c_j^{ab} \cdot q \quad (2)$$

$$t = \sum_{i \in P} \sum_{j \in P} \sum_{a \in M} x_{ij}^a \cdot t_{ij}^a + \sum_{j \in P} \sum_{a \in M} \sum_{b \in M} y_j^{ab} \cdot t_j^{ab} \quad (3)$$

$$e = \sum_{i \in P} \sum_{j \in P} \sum_{a \in M} x_{ij}^a \cdot e_{ij}^a \cdot d_{ij} \cdot q + \sum_{j \in P} \sum_{a \in M} \sum_{b \in M} y_j^{ab} \cdot e_j^{ab} \cdot q \quad (4)$$

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in P} \sum_{a \in M} x_{ij}^a = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{j \in P} \sum_{a \in M} \sum_{b \in M} y_j^{ab} = 1 \quad (6)$$

$$x_{ij}^a \cdot x_{jk}^b = y_j^{ab} \quad (7)$$

$$x_{ij}^a, y_j^{ab} \in \{0, 1\} \quad (8)$$

$$i, j, k \in P, a, b \in M \quad (9)$$

式(1)为集装箱多式联运过程中所需优化的多目标函数, 包括: 运输成本最小, 运输时间最小, 以及运输过程中碳排放量最少。式(2) - 式(4)分别为整个运输过程的运输成本、运输时间、运输过程中碳排放量的表达式, 包括在途运输时和中转节点更换运输方式时所产生的成本、花费的时间及产生的碳排放量。式(5)代表每两个节点间只能选择一种运输方式。式(6)代表在每个转运节点只能发生一次运输方式的转变。式(7)保证了在转运节点 j 处运输方式转换的连续性。式(8)为 0-1 变量约束。式(9)中 i, j, k 属于节点集合, a, b 属于运输方式集合。

2 算法流程

在 Coello Coello 和 Lechuga^[21] 提出的多目标粒子群算法(简称 CMOPSO)中,外部粒子群用来指导该群体外其他粒子的飞行,将 Pareto 档案进化策略(PAES^[22])中的自适应网格法用于外部粒子群的维护。根据 CMOPSO 算法流程如图 2 所示。

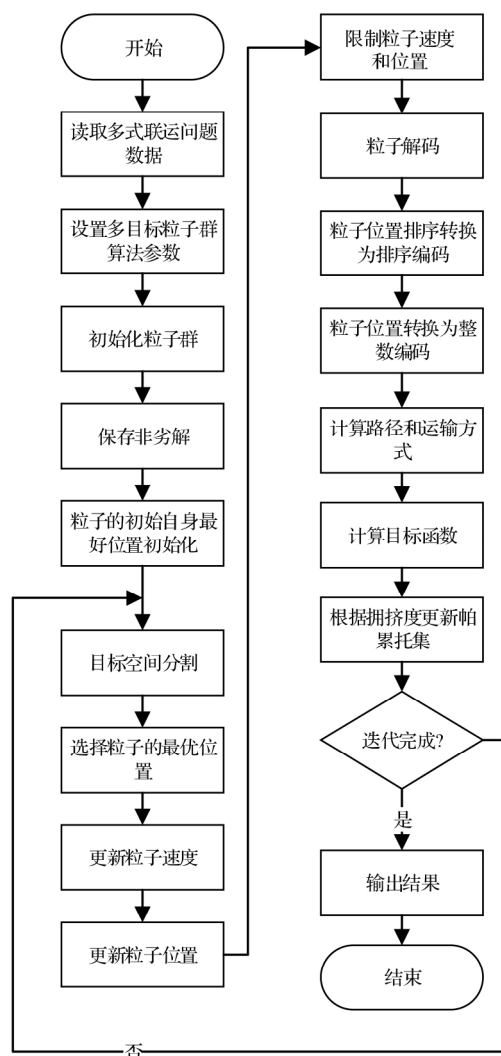


图2 多式联运多目标粒子群算法流程图

其中,所有粒子的位置和速度的更新公式如下:

$$v_{id}^{t+1} = \omega v_{id}^t + c_1 r_1 (x_{pBest}^t - x_{id}^t) + c_2 r_2 (x_{gBest}^t - x_{id}^t) \quad (10)$$

$$x_{id}^{t+1} = x_{id}^t + v_{id}^{t+1} \quad (11)$$

式中: ω 表示惯性权重; c_1 、 c_2 分别为加速常数; r_1 、 r_2 为两个独立产生的介于(0,1)之间变化的均匀分布随机变量; x_{pBest}^t 为第 t 次迭代粒子本身找到的最好解的位置; x_{gBest}^t 为第 t 次迭代粒子群体所找到的最好解的位置。

3 算例分析

假设一次集装箱多式联运过程中会经过 5 个中转

点,用数字 1~5 代表这 5 个中转点,以 0 和 6 分别代表起始地和目的地,则以 0 开头和 6 结尾的一个数列即为一条路径,如 0→2→1→5→3→4→6。那么这段路径中共有 6 段路程,每段路程需要选择运输方式,用 1~3 分别代表公路、铁路、水路这三种运输方式,由这 3 个数字随机构成的一个 6 个元素的数组即对应这条路径中每段路程所采用的运输方式,如 {1,3,1,2,3,1} 代表在 0→2 这段路程中选择 1 即公路运输。

如图 3 所示 0 为起始地 6 为目的地,现在要运输 8 个单位的货物。

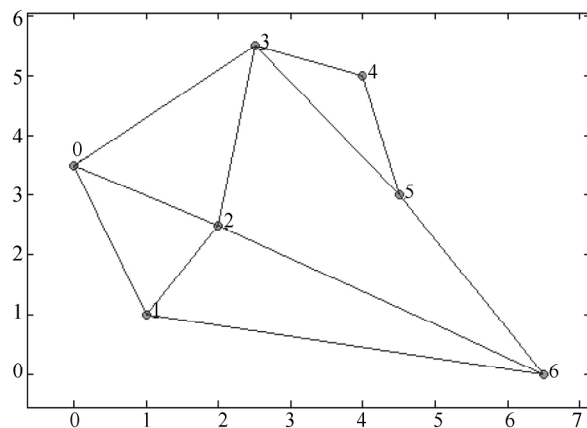


图3 交通网络拓扑图

两个城市之间的运输方式所对应的单位运输成本如表 1 所示,两两城市之间对应的符合正态分布的随机运输时间和随机单位碳排放量表 2 和表 3 所示。当两个城市之间不存在某种运输方式时,其对应的运输成本、运输时间和碳排放量的值选取无穷大,在表中用“-”表示。

表1 城市之间相应运输方式的单位运输成本 元

运输方式	0-1	0-2	0-3	1-2	2-3	3-4	3-5	4-5	5-6	2-6	1-6
公路	51	67	52	59	65	54	57	51	62	-	-
铁路	42	49	42	47	43	45	43	39	53	-	-
水路	36	31	-	-	41	39	-	-	40	38	36

表2 城市之间相应运输方式的随机单位运输时间的均值和方差

运输方式	0-1	0-2	0-3	1-2	2-3	3-4	3-5
公路	(3, 0.5 ²)	(2, 0.5 ²)	(3, 0.5 ²)	(2, 0.5 ²)	(3, 0.5 ²)	(2, 0.5 ²)	(3, 0.5 ²)
铁路	(4, 0.2 ²)	(3, 0.2 ²)	(5, 0.2 ²)	(3, 0.2 ²)	(4, 0.2 ²)	(3, 0.2 ²)	(5, 0.2 ²)
水路	(6, 0.75 ²)	(5, 0.75 ²)	-	-	(4, 0.75 ²)	(5, 0.75 ²)	-
运输方式	4-5	5-6	2-6	1-6			
公路	(2, 0.5 ²)	(4, 0.5 ²)	-	-			
铁路	(2, 0.2 ²)	(5, 0.2 ²)	-	-			
水路	-	(7, 0.75 ²)	(10, 1 ²)	(12, 1 ²)			

表 3 城市之间相应运输方式的随机
单位碳排放量的均值和方差

运输 方式	0-1	0-2	0-3	1-2	2-3	3-4	3-5
公路	$(10, 1^2)$	$(11, 1.5^2)$	$(8, 1^2)$	$(9, 1^2)$	$(8, 1^2)$	$(9, 1^2)$	$(10, 1^2)$
铁路	$(3, 0.2^2)$	$(2, 0.2^2)$	$(1, 0.2^2)$	$(3, 0.2^2)$	$(2, 0.2^2)$	$(3, 0.2^2)$	$(2, 0.2^2)$
水路	$(5, 0.75^2)$	$(4, 0.75^2)$	-	-	$(3, 0.6^2)$	$(4, 0.75^2)$	-
运输 方式	4-5	5-6	2-6	1-6			
公路	$(9, 1^2)$	$(7, 0.75^2)$	-	-			
铁路	$(3, 0.2^2)$	$(3, 0.2^2)$	-	-			
水路	-	$(3, 0.6^2)$	$(2, 0.5^2)$	$(3, 0.5^2)$			

在某一城市进行中转时,不同运输方式间转换所产生的费用、花费的时间以及产生的碳排放量如表 4 所示,其中转换时间和碳排放量的值也是符合正态分布的随机变量的均值和方差。

表 4 不同运输方式之间转换费用、
随机转换时间及随机碳排放量

运输方式	转换费用/元	随机转换时间/天	随机碳排放量/kg
公路运输- 铁路运输	240	$(0.3, 0.05^2)$	$(12, 2^2)$
公路运输- 水路运输	180	$(0.4, 0.1^2)$	$(280, 15^2)$
铁路运输- 水路运输	140	$(0.3, 0.075^2)$	$(300, 20^2)$

采用多目标粒子群算法,运用 MATLAB 对集装箱多式联运多目标规划模型进行编程求解。多目标粒子群算法中的参数进行如下设置:初始种群个体数设置为 200,帕累托集大小 30,惯性权重 $\omega = \frac{2}{\varphi - 2 + \sqrt{\varphi^2 - 4 \times \varphi}}$,其中 $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, $\varphi_1 = 2.05$ 。 $\varphi_2 = 2.05$ 个体学习系数 $c_1 = \omega \times \varphi_1$,全局学习系数 $c_2 = \omega \times \varphi_2$,惯性权重阻尼比为 1,网格膨胀参数 α 为 0.1,每一维的网格数为 10,选择压力参数 β 为 4,帕累托集选择被删除的压力参数 γ 为 2,最大迭代次数为 200。

迭代曲线不代表任何非支配解结果,而是表示迭代过程,代表粒子群的结果,曲线不断下降,说明算法有效,曲线下降速度较快,说明算法收敛快,效果好,最后曲线平了说明算法已经收敛。图 4-图 6 为各种迭代曲线。

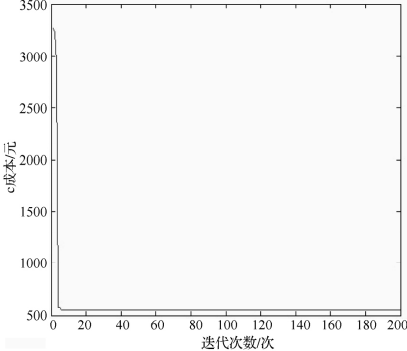


图 4 运输成本的迭代曲线

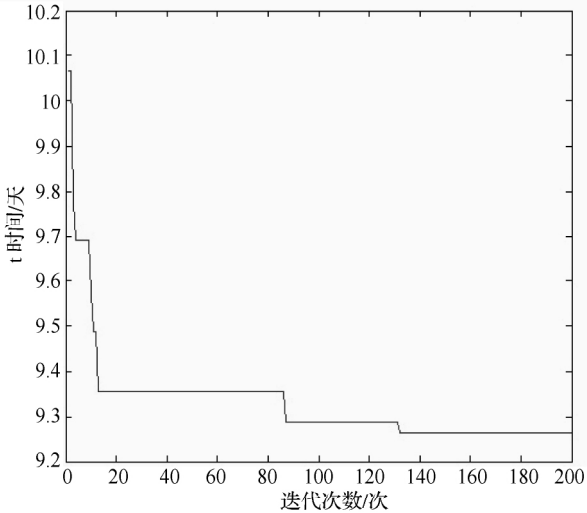


图 5 运输时间的迭代曲线

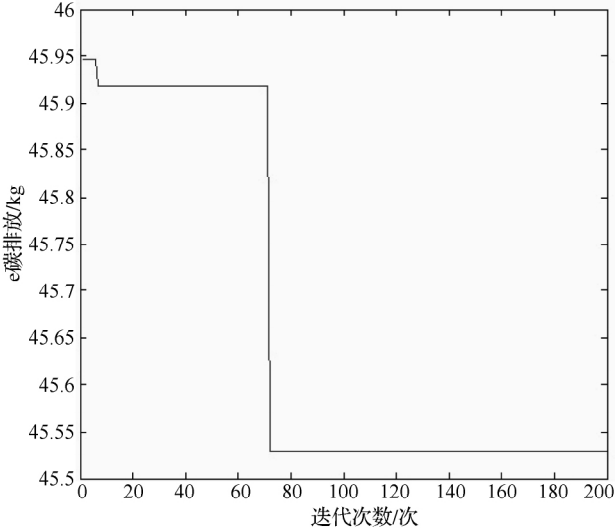


图 6 碳排放量的迭代曲线

最终共得到如表 5 的 12 个运输方案,多式联运经营人可根据不同的运输要求来进行选择。

表 5 运输方案

方案 编号	运输路径及方式	运输 成本/元	运输 时间/天	碳排 放量/kg
1	0-水路-1-水路-6	576	18.39	63.2
2	0-公路-3-铁路-4- 公路-5-公路-6	5 520	12.8	403.5
3	0-公路-3-铁路-4- 公路-5-铁路-6	7 368	13.8	483
4	0-公路-3-铁路-4- 铁路-5-公路-6	5 424	12.6	350.4
5	0-铁路-3-铁路-4- 公路-5-公路-6	3 520	14.1	260.5
6	0-铁路-3-铁路-4- 铁路-5-公路-6	3 424	14.4	212.1
7	0-公路-3-公路-5- 公路-6	1 368	9.7	201.8

续表 5

方案 编号	运输路径及方式	运输 成本/元	运输 时间/天	碳排 放量/kg
8	0 - 公路 - 3 - 铁路 - 5 - 公路 - 6	5 096	12.9	332.3
9	0 - 公路 - 3 - 铁路 - 5 - 铁路 - 6	3 104	13.2	196.7
10	0 - 铁路 - 3 - 公路 - 5 - 公路 - 6	3 208	12.3	239.4
11	0 - 铁路 - 3 - 铁路 - 5 - 公路 - 6	3 096	14.5	181.8
12	0 - 铁路 - 3 - 铁路 - 5 - 铁路 - 6	1 104	15.3	48.2

4 结 语

本文探究了以运输成本、不确定的运输时间、不确定的碳排放量目标的集装箱多式联运多目标优化问题。运用含随机变量的多目标粒子群算法进行求解,得出集装箱多式联运整个运输过程可供选择的运输路径和每段路程所选择的运输方式,并计算每种运输方案所花费的运输成本、运输时间和造成的碳排放量,多式联运经营人可根据不同的偏好和目标来选择运输方案。下一步研究可考虑时间窗限制,此外,还需对多式联运过程中的每段运输路程中每种运输方式的运输时间、碳排放量做深入调研,从而确定它们具体符合那种随机变量的数字特征。在更为成熟的研究后,或可将此算法设计一个小程序,输入各个节点的坐标及各个节点间各种运输方式的运输成本、运输时间和碳排放量后,可以通过封装起来的算法直接输出可选择的运输方案,以供集装箱多式联运经营人选择。

参 考 文 献

- [1] 佟璐,聂磊,付慧伶. 多式联运路径优化模型与方法研究[J]. 物流技术, 2010, 29(5): 57-60.
- [2] 李双琳,马祖军,郑斌,等. 震后初期应急物资配送的模糊多目标选址 - 多式联运问题[J]. 中国管理科学, 2013, 21(2): 144-151.
- [3] 杨秋秋,王辉. 基于遗传算法的多目标集装箱多式联运运输优化模型[J]. 物流科技, 2006, 29(12): 29-31.
- [4] 何艳梅,何俊生. 多目标多式联运配送路径研究[J]. 物流科技, 2013, 36(5): 112-114.
- [5] 黄丽霞,帅斌. 危险货物多式联运路径优化问题的多目标优化算法[J]. 中国安全生产科学技术, 2014, 10(9): 10-16.

- [6] Bhattacharya A, Kumar S A, Tiwari M K, et al. An inter-modal freight transport system for optimal supply chain logistics [J]. Transportation Research Part C Emerging Technologies, 2014, 38(1): 73-84.
- [7] Modesti P, Sciomachen A. A utility measure for finding multiobjective shortest paths in urban multimodal transportation networks [J]. European Journal of Operational Research, 1998, 111(3): 495-508.
- [8] Sun Y, Lang M, Wang D. Optimization Models and Solution Algorithms for Freight Routing Planning Problem in the Multi-Modal Transportation Networks: A Review of the State-of-the-Art [J]. Open Civil Engineering Journal, 2015, 9(1): 714-723.
- [9] Sun Y, Lang M. Bi-objective optimization for multi-modal transportation routing planning problem based on Pareto optimality [J]. Journal of Industrial Engineering & Management, 2015, 8(4): 1195-1217.
- [10] Kengpol A, Tuammee S, Tuominen M. The development of a framework for route selection in multimodal transportation [J]. International Journal of Logistics Management, 2014, 25(3): 581-610.
- [11] 贺竹馨,孙林岩,李晓宏. 时效性物流联运方式选择模型及其算法[J]. 管理科学, 2007, 20(1): 8-12.
- [12] 陈怡霏. 碳约束政策下的集装箱多式联运路径优化研究[D]. 北京交通大学, 2014.
- [13] 李高波. 具有容量约束的混合轴辐式多式联运枢纽网络设计[D]. 长安大学, 2014.
- [14] 付晓凤,马彬,张娟,等. 多目标一体化的联运路径优化方法研究[J]. 铁道运输与经济, 2009, 31(9): 83-85.
- [15] 王正彬,郑康立. 集装箱多式联运组合优化研究[J]. 大连交通大学学报, 2012, 33(5): 63-66.
- [16] Wang Q B, Han Z, Ji M, et al. Path Optimization of Container Multimodal Transportation Based on Node Operation Randomness [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2011, 11(6): 137-144.
- [17] 王慧,汪传旭. 模糊需求环境下集装箱多式联运箱型和运输方式的选择[J]. 公路交通科技, 2012, 29(4): 153-158.
- [18] 张得志,李双艳. 不确定环境下协同运输优化模型及其求解算法[J]. 铁道科学与工程学报, 2010, 7(4): 116-120.
- [19] Steadieseifi M, Dellaert N P, Nuijten W, et al. Multimodal freight transportation planning: A literature review [J]. European Journal of Operational Research, 2014, 233(1): 1-15.
- [20] Mathisen T A, Hanssen T E S. The Academic Literature on Intermodal Freight Transport [J]. Transportation Research Procedia, 2014, 3: 611-620.

(下转第 119 页)

图4 为机手手机 App 部分界面图。



图4 机手的手机 App 部分界面图

智慧农机项目集成了云计算、物联网、移动互联网、大数据分析等技术,是“互联网+”现代农业及“大智移云”在农业领域的典型应用,实现了农机信息自动获取、农机作业智能管理、农机管理作业智能决策。

3 结 语

信息技术与应用的发展已进入“大智移云”时代,大数据是这一时代的特征,大数据的应用正在引发新的产业变革。目前,“大智移云”的应用水平还处于初级发展阶段。本文综述“大智移云”的技术体系,分析国内外云计算、移动互联网、大数据和智能化的发展现状和趋势。并引入河北农业大学河北农业大数据协同创新中心主开发的“智慧农机”项目,介绍此项目的技术方案和主要功能,为“大智移云”在其他行业的应用提供技术参考。

参 考 文 献

- [1] 郭贺铨. 移动互联网已进入“大智移云”时代[J]. 创新科技 2014(17):5-5.
- [2] 郭贺铨. “大智移云”时代信息技术的发展机遇与挑战[C]//对接京津—同城规划廊坊发展会. 河北廊坊 2016.
- [3] 佰读. “大智移云”介绍(一):大数据与“大智移云”[C]//对接京津—同城规划廊坊发展会. 河北廊坊 2016.
- [4] 中华人民共和国国务院. 促进大数据发展行动纲要[J]. 成组技术与生产现代化 2015 32(3):51-58.
- [5] 孙杰贤. 贵州:借大数据实现跨越式发展[J]. 中国信息化 2014(18):13-15.
- [6] 李坤. 贵州建设首个国家级大数据综合试验区引航大数据[J]. 当代贵州 2016(10):8-9.
- [7] 中共中央网络安全和信息化领导小组办公室, 中华人民共和国国家互联网信息办公室. 河北省委办公厅省政府办公厅印发《关于加快发展“大智移云”的指导意见》[EB/OL]. (2017-03-02). [2017-07-30]. http://www.cac.gov.cn/2017-03/02/c_1120557448.htm.
- [8] 廊坊市人民政府网. 关于加快发展“大智移云”引领产业升级行动计划(2016—2018年)(上)[EB/OL]. (2017-02-08). [2017-07-30]. <http://www3.lf.gov.cn/Item/65729.aspx>.
- [9] 董建龙, 朱江. 美国云计算发展现状及趋势[J]. 全球科技经济瞭望 2011 26(12):5-12.
- [10] Ghemawat S, Gobioff H, Leung S T. The Google file system[J]. Acm Sigops Operating Systems Review 2003 37(5):29-43.
- [11] Dean J, Ghemawat S. MapReduce:simplified data processing on large clusters[C]//Proceedings of Conference on Usenix Symposium on Operating Systems Design and Implementation San Diego, California 2008.
- [12] Chang F, Dean J, Ghemawat S, et al. Bigtable:A Distributed Storage System for Structured Data[J]. ACM Transactions on Computer Systems (TOCS) 2008 26(2):4.
- [13] 中国政府网. 国务院关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见[EB/OL]. (2015-01-30). [2017-07-30]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-01/30/content_9440.htm.
- [14] 刘新. 云计算基础设施产业的演进趋势[J]. 高科技与产业化 2011 7(7):44-44.
- [15] 胡亮. 浪潮集团云计算发展战略的研究[D]. 天津:河北工业大学 2014.
- [16] 文军, 张思峰, 李涛柱. 移动互联网技术发展现状及趋势综述[J]. 通信技术 2014(9):977-984.
- [17] 吴吉义, 李文娟, 黄剑平, 等. 移动互联网研究综述[J]. 中国科学:信息科学 2015 45(1):45-69.
- [18] 胡坚勇. 浅谈移动网通信中的安全隐患及控制[J]. 城市建设理论研究 2015(25):2538-2539.
- [19] 方巍, 郑玉, 徐江. 大数据:概念、技术及应用研究综述[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版) 2014(5):405-419.
- [20] 陶雪娇, 胡晓峰, 刘洋. 大数据研究综述[J]. 系统仿真学报 2013(S1):142-146.
- [21] 涂新莉, 刘波, 林伟伟. 大数据研究综述[J]. 计算机应用研究 2014 31(6):1612-1616.
- [22] 程学旗, 靳小龙, 王元卓, 等. 大数据系统和分析技术综述[J]. 软件学报 2014 25(9):1889-1908.

(上接第26页)

- [21] Coello C C A, Lechuga M S. MOPSO: a proposal for multiple objective particle swarm optimization[C]// Evolutionary Computation, 2002. CEC 02. Proceedings of the 2002 Congress on. IEEE Xplore, 2002:1051-1056.
- [22] Knowles J D, Corne D W. Approximating the Nondominated Front Using the Pareto Archived Evolution Strategy[J]. Evolutionary Computation, 1993, 8(2):149.