

基于粒子群算法的共享单车站间调度优化方法

刘辉, 钟俊

(安徽职业技术学院机电工程学院, 合肥 230011)

摘要:对单车实行精准高效的调度是目前共享单车系统亟须攻克的重要难题之一。共享单车的调度问题可以看作是一个受时间、地域、人流等多因素影响的NP完全问题(Non-deterministic Polynomial Complete Problem)。目前,我国在这一方面的研究工作尚不成熟。根据单车调度实际情况,考虑调度车容量与站点满意度约束,以旅行商问题为基础,建立综合优化最大化的共享单车站间调度数学模型,通过优化多目标问题的混合禁忌-粒子群算法,对上述模型进行求解。最后以合肥市大学城实际单车站点为算例,以该算法进行求解。结果证实该算法可以得到综合最优的调度路线。

关键词:共享单车;智能调度;禁忌-粒子群算法;旅行商问题

中图分类号:U492.2⁺;TP18 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2019)02-0067-03

On Solutions to the Problem of Scheduling Shared Bicycles between Sites Based on Particle Swarm Optimization Algorithm

LIU Hui, ZHONG Jun

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Anhui Vocational and Technical College, Hefei 230011, China)

Abstract: Accurate and efficient scheduling of shared bicycles is one of the key problems to be solved. This problem can be regarded as a Non-deterministic Polynomial Complete Problem affected by time, place, population and other factors. Currently, study on this problem is still far from mature in our country. Regarding actual bicycle scheduling, considering the constraints of scheduling capacity and site satisfaction, and based on the Travelling Salesman Problem, a comprehensively and maximally optimized mathematical model of scheduling shared bicycles between sites is provided. Then, Tabu Search-Particle Swarm Optimization (TS-PSO) algorithm of multi-objective problem is adopted to solve the above model. Finally, this algorithm is used to solve the practical problem. The results show that a comprehensively optimal scheduling route can be achieved through the algorithm.

Keywords: shared bicycle; intelligent scheduling; Tabu Search-Particle Swarm Optimization algorithm; travelling salesman problem

0 引言

近些年,共享单车成了风靡我国的新型绿色出行方式,因其便捷、环保的特点而广受人们青睐。而“共享单车”这一概念的起源,则是来自于欧洲的“公共自行车系统”(Public Bicycle System, PBS)。共享单车致力于解决人们出行中公交站点离居住地的“最后一千米”难题,在节能减排,提高出行效率等方面效果卓越。但是,由于共享单车自身具有高流动性,调度问题成了制约其发展的瓶颈。

近年来,国内外学者在智能调度方面的研究表明,目前主要调度方式为阈值判别法,通过实时监测站点现存可用单车数量与系统中设置的上下限

参数进行比较,发出预警提示信息^[1]。但此方法主要针对大型单车调度系统,对小范围单车调度线路优化并不适用。此外,刘登涛等将动态调度问题划分为一系列静态调度问题^[2];Kloimullner等提出了最少调度单车数量的优化模型^[3];胡列格等采用禁忌搜索算法求解车辆优化调度模型^[4]。但这些模型主要考虑调度数量与调度成本,未涉及站点满意度方面。在对模型的求解方面,涉及了遗传算法、蚁群算法^[5]、贪心算法^[6]、多粒子群算法^[7]及最大流计算方法^[8]等多种方法。但这些算法均存在一定的运算缺陷,未能很好地对模型进行求解。

本文以制定符合实际需求的调度计划为目的,主要研究在固定站点间的调度车路线优化问题,以

运输成本与站点满意度为主要约束条件建立综合单车调度模型,并采用混合禁忌-粒子群算法进行求解。该算法经实际验证具有较强的可行性,且能有效地减少调度成本,提高站点满意度。

1 问题描述及数学模型

1.1 调度问题描述

共享单车的调度问题,可以近似地看作一种旅行商问题(Travelling Salesman Problem, TSP),即假设共有 $n+1$ 个车站($\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n$),共享单车的调度车从起点 α_0 出发,沿途经过所有站点(α_i 至 α_n)对车辆进行补充或回收,直到返回起点 α_0 ,求解综合车辆成本与站点满意度最优的调度路线。

1.2 调度成本与站点满意度的确定

用 i, j 表示站点序号; N_i 表示当前站点单车总数; Q_i 表示当前站点需要调度的单车数,移出表示为正,移入表示为负; ΔT_i 表示当前站点调度等待时间,即该站点从需要调度至完成调度花费时间,以 min 为单位; D_{i-j} 表示第 j 站至 i 站的距离,以 km 为单位; L_i 表示第 i 站调度前调度车装载单车数; S 表示调度车运行每公里所需成本; C_i 表示当前站点满意度; P_i 表示当前站点调度成本。可得到如下关系式:

$$C_i = \frac{N_i - |Q_i|}{N_i \Delta T_i} \tag{1}$$

$$P_i = D_{i-j} (L_i + S) \tag{2}$$

其中,式(1)表示各站点满意度主要受调度车辆数和调度等待时间影响:调度车辆越多,等待时间越长,站点满意度越低;式(2)表示各站点调度成本关系主要与站点间距离与调度车装载单车数有关,且有:

$$L_i = L_{i-1} + Q_{i-1} \tag{3}$$

即第 i 站进行调度前调度车装载单车数量由上一站的调度数量与上一站调度前调度车装载单车数决定。

1.3 调度模型的建立

综合考虑用户满意度与调度成本,可得到站点满意度最大目标函数式(4)与调度总成本最小目标函数式(5),即

$$\max M_1 = \sum_{i=0}^n \lambda_i C_i \tag{4}$$

$$\min M_2 = \sum_{i=1}^n P_i + R \tag{5}$$

其中, M_1 表示站点总体满意度, λ_i 为当前站点重要系数; M_2 表示调度总成本, R 为每次调度的杂项费用。根据多目标函数式(4)和(5),可得到综合目标函数:

$$\min M = \alpha M_2 - \beta M_1 \tag{6}$$

其中, M 表示综合调度指标; α, β 为综合权重系数。可根据调度方案不同对 α, β 进行动态调整。

对于建立的调度模型,其约束条件为:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_0, \alpha_i \neq \alpha_j \tag{7}$$

$$j \in [0, n-1], i \in [0, n], \text{且 } i > j \tag{8}$$

$$0 < \Delta T_i \leq 30 \tag{9}$$

$$Q_i \leq L_j \tag{10}$$

$$L_{ij} \leq 50 \tag{11}$$

$$0 < \lambda_i \leq 1 \tag{12}$$

$$0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1 \tag{13}$$

其中,式(7)规定了调度车起点与终点为同一点,且每个车站只能调度1次;式(8)设置了调度路线上车站总数,且 j 总为 i 前站;式(9)约束了调度等待时间范围;式(10)说明了各车站最大调度数不能超过当前调度车装载单车总数;式(11)设置了调度车容量;式(12)约束了站点重要系数范围;式(13)约束了综合权重系数范围。

2 算法设计

2.1 算法思想

粒子群优化算法(Particle Swarm Optimization, PSO)是由 Kennedy 和 Eberhart 提出的一种优化算法。因为具有参数简单,易于实现等特点,在函数优化,系统控制等领域已得到广泛应用。

粒子群算法是以模拟鸟群的捕食行为为中心思想的一种算法:算法假设了一种仅具有速度和位置2种属性的粒子模拟鸟群。其中,速度代表移动的快慢,位置代表移动的方向。首先,每个粒子单独且随机地在区域内搜寻最优解,并将自己搜寻到的最优解与整个群体分享;接着,群体对各粒子分享的最优解进行比较,得到全局最优解;各粒子再根据全局最优解更新自己的位置与速度,开始新一轮搜寻,直至满足终止条件,得到可输出的最优解为止。

虽然粒子群算法在收敛速度、实现难度等方面优势明显,但却容易陷入局部最优解,具有一定的不稳定性。本文在更新粒子位置时引入禁忌搜索法(Tabu Search, TS)理念,对已搜索区域进行标记,在更新位置时避开已标记区域,仅对未搜索区域进行搜索。将2种算法相结合,构成混合禁忌-粒子群算法(TS-PSO),既可发挥各自算法优势,又可弥补单一优化算法的一些不足之处。

2.2 算法流程

使用混合禁忌-粒子群算法求解共享单车的调

度模型,主要步骤如下:(1)参数初始化,包括模型参数初始化与算法参数初始化两部分;(2)计算各粒子目标函数,得到个体最优解;(3)各粒子进行数据共享分析,得到粒子群的全局最优解;(4)判断是否满足终止条件,满足则输出结果,否则使用禁忌搜索法标记已搜索区域,并更新粒子位置与速度进行迭代计算。其流程如图1所示。

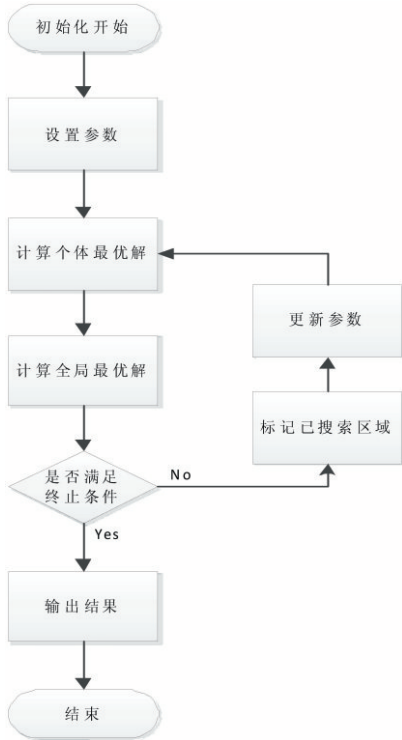


图1 混合禁忌-粒子群算法流程图

2.3 算例分析

以合肥市高新区大学城片区的共享单车站点为研究对象,根据 ofo 共享单车公司官网公布的站点地图信息,建立 10 个站点的研究区域。其中,各站点间距离可由网络地图测得,模型参数如表 1 所示,算法参数如表 2 所示,站点参数如表 3 所示。

表 1 模型参数表

模型参数	装载单车数量/辆	调度车运行成本/km	每次调度的杂项费用/元	综合权重系数 α	综合权重系数 β
数值	30	1.7	50	0.85	0.3

使用混合禁忌-粒子群算法进行 10 次求解,得到最优调度回路为:1-3-8-7-9-5-6-4-10-2-1,总调度路程为 10.67 km,调度成本 107.8 元,综合调度指标为 78.35。同时,分别设定参数使用模拟退火算法(Simulated Annealing Algorithm,SAA)、遗传算法(Genetic Algorithm,GA)与蚁群算法(Ant Colony

Optimization,ACO)对算例进行求解,各算法均计算 10 次取最优值,结果如表 4 所示。

表 2 算法参数表

算法参数	粒子数	最大迭代次数	初始惯性重量	最终惯性重量
数值	30	2 000	0.9	0.4

表 3 站点参数表

站点序列号	当前站点单车总数/辆	当前站点需要调度的单车数/辆	当前站点调度等待时间/s	当前站点重要系数
1	26	10	3	0.2
2	34	-5	5	0.5
3	21	-8	2	0.3
4	40	6	13	1.0
5	18	9	3	0.1
6	15	-3	1	0.1
7	25	7	8	0.7
8	19	-2	4	0.2
9	32	15	6	0.8
10	20	7	5	0.4

表 4 4 种算法测试结果

调度方法	调度路径/km	调度成本/元	综合调度指标
SAA	11.38	108.8	84.52
GA	11.06	112.5	87.60
ACO	10.64	116.9	92.83
TS-PSO	10.67	109.5	78.35

综上,蚁群算法在测试中得到了最优的调度路程 10.64 km,但调度成本过高,为 116.9 元;模拟退火算法在测试中得到了最优的调度成本 108.8 元,但调度路程过长,为 11.38 km;本文采用的混合禁忌-粒子群算法经测试得到的调度路程为 10.67 km,调度成本为 109.5 元,均较优秀,且综合调度指标 M 为 78.35,低于其他算法,证明此算法具有较强的可行性。

3 结语

本文针对实际生活中共享单车的调度难题,建立了基于调度成本与站点满意度的综合调度模型,并采用了经改进的混合禁忌-粒子群算法进行求解。经过算例分析表明,本文提出的算法与模型能够得到符合实际的优化调度路线,对有关部门具有一定的参考价值。但共享单车的调度问题不仅仅是可规划的静态调度问题,在实际调度过程中存在着许多不稳定因素,因此有必要建立动态调度模型进行调度。

系统A逻辑资源多占用2个;但对于系统A来说,要求发送端给待发送数据的头部加一个0才能输出正确的解调信号,而系统B能够降低对发送端的要求,不论首发位是0还是1都能正确的输出解调信号。虽然系统B相对于系统A来说,资源耗费增大了,但系统B能够降低对发送端的要求,并且多耗费的资

源相对于FPGA芯片微不足道,所以系统B相对来说更好。

当然在后续的工作中会把系统B应用在实际通信中,通过观察系统B接收端的相关参数,以此来进一步分析。

参考文献:

- [1] 杨杰,王剑峰,陈琦.一种基于PPM调制的水下光通信系统设计与仿真[J].计算机与数字工程,2018,46(7):1473-1477.
- [2] 郭永超.基于声光调制 PPM 编码的激光通信技术研究[D].重庆:重庆大学,2017.
- [3] 段吉海,黄智伟.数字通信系统建模与设计[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [4] 虞森.高速相干光通信系统中的调制与解调技术研究[D].北京:北京邮电大学,2018.
- [5] 涂焱阳.大气激光通信 PPM 调制解调系统研究与设计[D].北京:中国科学院大学,2018.
- [6] 王鸿喜,贺锋涛,湛飞,等.基于PPM的水下LED蓝光通信系统设计[J].无线光通信,2018,(7): 46-50.
- [7] 曹勇,王树炜,邵思杰.基于FPGA的激光通信通用PPM调制模块设计[J].装甲兵工程学院学报,2017,31(3): 85-88.
- [8] 马爽,吴志勇,高世杰,等.改进的大气激光通信PPM调制解调系统设计[J].哈尔滨工业大学学报,2016,48(5): 105-109.
- [9] 胡昊,张骁,刘敏,等.基于FPGA的PPM可见光通信系统的仿真与实现[J].中国激光,2018,45(3): 1-8.
- [10] 徐涛,温东,姜波,等.基于PPM调制解调的蓝绿激光通信系统[J].无线光通信,2016,(9): 47-49.
- [11] 杜劲松.基于LDPC编码与PPM调制的水下光通信研究[D].南京:南京邮电大学,2017.

(责任编辑:曲继鹏)

(上接第69页)

参考文献:

- [1] 叶丽霞.城市公共自行车调度系统研究[D].南京:南京理工大学,2013.
- [2] 刘登涛,方文道,章坚民,等.公共自行车交通系统调度算法[J].计算机系统应用,2011,20(9):112-116.
- [3] KLOMULLNER C, PAPAZEK P, HU B. Balancing bicycle sharing systems:an approach for the dynamic case[J]. Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization,2014,8600:73-84.
- [4] 胡列格,夏云,王佳,等.城市公共自行车高峰期需求不均衡的调度优化研究[J].铁道科学与工程学报,2015,12(2):441-448.
- [5] 柳祖鹏,李克平,朱晓宏.基于蚁群算法的公共自行车站间调度优化[J].交通信息与安全,2012,30(4):71-74.
- [6] PAPAZEK P, GUNTHER R, MARIAN R H, *et al.* APILOT/VND/GRASP hybrid for the static balancing of public bicycle sharing system[J].Computer Aided System Theory-EUROCAST 2013, Lecture Notes in Computer Science,2013,8111:372-379.
- [7] 胡成玉,姚宏,颜雪松.基于多粒子群协同的动态多目标优化算法及应用[J].计算机研究与发展,2013,50(6):1313-1323.
- [8] CHERKASSKY B V, GOLDBERG A V. On implementing the push- relabel method for maximum flow problem[J]. Algorithmica,1997(19):390-41.

(责任编辑:蒋召雪)