

文章编号:1005-0523(2016)05-0039-06

基于启发式算法的校车运营管理研究

耿 扬,郑长江,李丽利

(河海大学土木与交通学院,江苏 南京 210098)

摘要:随着社会经济的发展,道路交通压力日渐增加,人们的出行安全问题越来越受到关注,尤其是学生上下学安全问题。以校车公交化为理念,提出以政府为主导,依托公交公司统一调度的集约化运营思想,并利用启发式算法,使用计算机编程技术实现该思想下的行车方案。将该集约化运营模式应用于广州市天河区部分民办小学,优化完善校车公交化的运营方案。

关键词:校车公交化;启发式调度模型;集约化运营;优化完善

中图分类号:U491

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.05.007

1 研究背景

1.1 中小學生出行现状

学生上下学时段,尤其上学时间正值道路交通高峰时段,与社会交通早高峰重叠,短时间内校园周边形成了高强度的交通流且交通秩序混乱,给学生交通安全及校园周边的交通带来巨大压力,严重影响学校周边的交通运行,也严重影响社会交通的运行,成为目前需要重视的社会问题。

根据调查显示家庭对校车持赞成态度以上的比率高达67%,而反对的比重仅占4.57%。据此,从家庭角度来看,对设立校车将家庭成员从接送儿童上下学约束中解放出来持肯定态度的居多。家庭对于设立校车主要考虑的因素是安全方面以及校车运营管理方面。不同收入阶层的家庭对校车持肯定态度的均在65%之上。对于校车运行的出行距离,随着距离的增长,同意实施校车的人数愈多。出行距离的增长,更希望能使用校车上下学。然而由于校车管理需要花费大量精力费用,政府监管不力等因素导致校车事故频发,校车运行效率低下,并在一定程度上增加了交通压力^[1]。日益突出的校车问题,引起了社会各界的重视,但仍然缺少科学合理的运行方案^[2]。

调查显示,广州市大部分校车使用者是民办学校,学生离家远,居住点分散,组织难度大,效率低。遍观国内其他城市,相当多一部分学校尤其是民办学校及城郊地区生源分散地区学校,必须提供校车服务。并且很多城市校车面临同样的问题:安全系数低;效率低;增大交通压力。

1.2 研究目标

基于对广州市区校车调查和研究,以校车公交化理念为依托^[3],提出公共校车运作模式,在此模式下结合实际情况使用集送一体化算法优化行车^[4],利用计算机技术实现行车排班定线的自动化,并且将优化校车调度方案(以公交化为理念,运用启发式算法优化行车),非优化校车调度方案(以公交化为理念,非集约化

收稿日期:2016-04-28

基金项目:江苏省自然科学基金项目(BK2011745)

作者简介:耿扬(1991—)男,硕士,研究方向为交通规划与管理。

通讯作者:郑长江(1966—)男,教授,博士,研究方向为交通运输规划与管理。

思想,校车行驶固定路线)以及学校自配校车方案(私有化,各自学校使用各自学校自己的校车)进行了比较分析。对多所学校校车联合管理,给校车公交化提供了实际数据支持,使运营模式研究与行车方案研究有机结合,提出了效率、安全、系统的校车综合运营方案,实现了社会资源集约化,社会利益最大化:①保障学生安全;②减轻交通压力,顺利接送学生;③提高校车运行效率,节省运营成本,提高资源集约程度。

2 方案设计

2.1 运营模式的建立

为解决校车管理不规范,不统一的问题,提出一套完整的校车运营模式。该校车的综合方案具体包括校车监管、校车管理、校车运行和服务反馈。该校车综合方案体现了由政府主导、公交公司负责的校车统一管理思想,在司机培训,校车标准保证,检修和更换上得以统一,形成的校车综合方案会使得校车营运更加专业化、安全化,社会资源更加集约化。

2.2 行车方案方法研究

2.2.1 技术路线

依附于上述运营模式,对天河区八所民办学校的调查与研究,得到其校车运行现状相关数据。采用集货送货一体化问题的启发式算法^[5],利用 Visual Basic 程序设计语言编写程序,优化线路排班,得到一套更加合理的校车营运方案;创建面向对象的窗口,实现校车线路排班动态查询。

2.2.2 模型假设

校车线路安排是一个集货和送货一体化的车辆调度问题,采用组合启发式算法解决该问题:①将所有任务分成若干组;②对组内的线路进行安排;③建立组间的线路^[6]。

1) 分组模型建立。设任务 i 中的上车点坐标为 (fa_i, fb_i) , 下车点坐标为 (sa_i, sb_i) 。设组 k 上车点重心坐标为 $(\overline{fa}_k, \overline{fb}_k)$, 下车点重心坐标 $(\overline{sa}_k, \overline{sb}_k)$ 。任务点 i 到类 k 的距离定义为

$$l = [(\overline{fa}_k - fa_i)^2 + (\overline{fb}_k - fb_i)^2]^{\frac{1}{2}} + [(\overline{sa}_k - sa_i)^2 + (\overline{sb}_k - sb_i)^2]^{\frac{1}{2}}$$

定义分配变量如下: $x_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{任务 } i \text{ 分配给组 } k \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$

$$\begin{cases} \min z = \sum_k \sum_i [fa_k - fa_i)^2 + (fb_k - fb_i)^2]^{\frac{1}{2}} x_{ki} + \sum_k \sum_i [sa_k - sa_i)^2 + (sb_k - sb_i)^2]^{\frac{1}{2}} x_{ki} \\ \sum_i g_i x_{ki} \leq q \\ \sum_k x_{ki} = 1, i = 1, 2, \dots \\ x_{ki} = 0 \text{ 或 } 1 \end{cases}$$

式中: q 为假设车辆额定载客量; g_i 为任务点 i 上车人数,且 $g_i \leq q$; l 为任务点 i 到类 k 的距离。

2) 模型求解。设组间线路链接时间限制 60 min。对时间较短的线路,可用一辆校车来完成运输。计算每两两线路间的起终点距离,从小到大排序,符合线路时间则链接,模型求解步骤见图 1。图中 k 为分类数; M_i 为超出人员和时间限制 M 类中距离重心最远的任务分给另一支它最近 M 类; Q 为计数器。

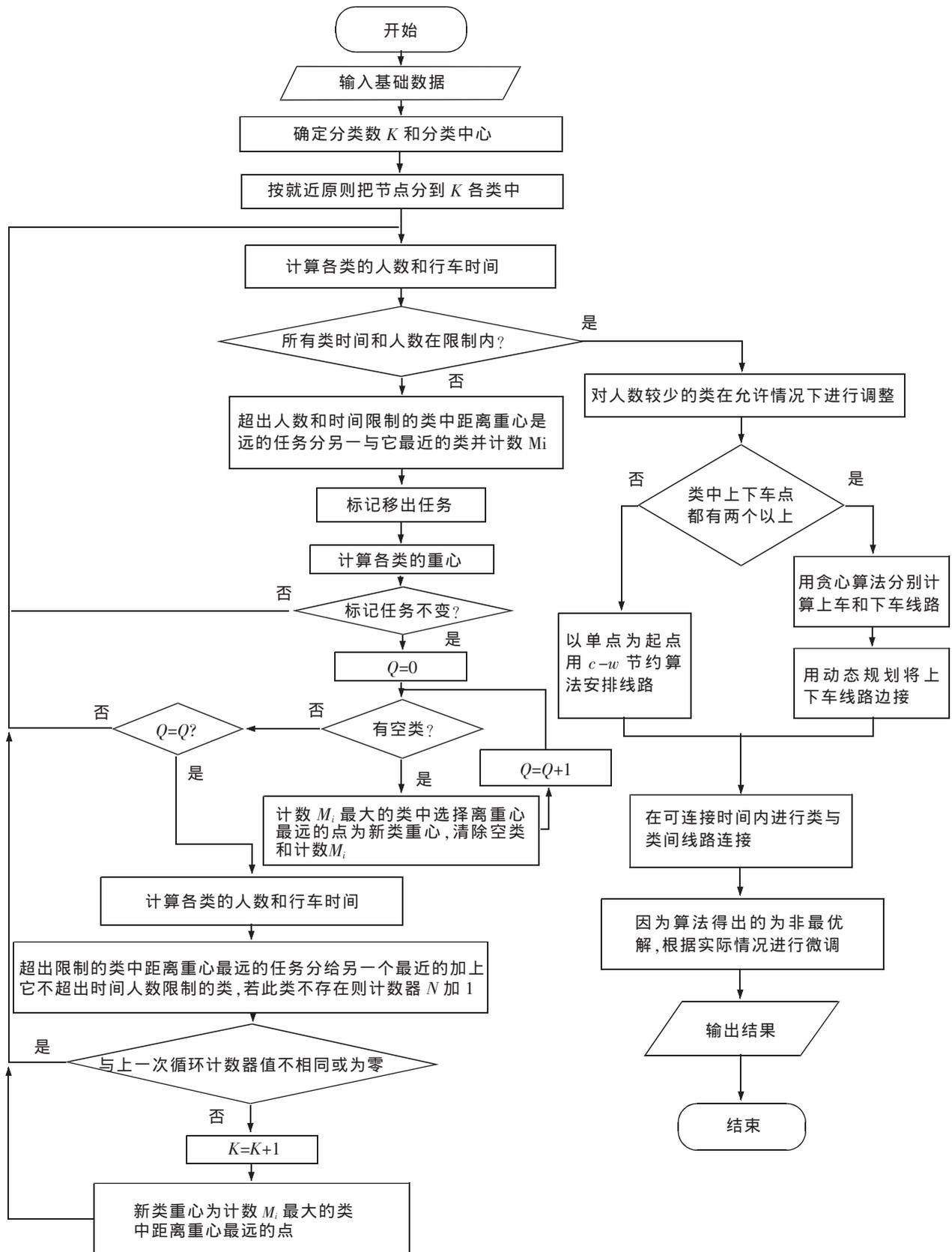


图 1 系统 VB 编程原理流程图示

Fig.1 Flow chart of system VB programming principle

3 案例研究

3.1 数据收集

我们以广州市天河区的八所主要民办学校为研究对象展开调查。分别是育华学校、思源学校、科技园中英文学校、培艺学校、同仁学校、新昌学校、华师附属南国实验学校、东泰学校。八所学校及生源分布如图2所示。



图2 八所学校分布及生源图示

Fig.2 The number and the distribution of students at eight schools

针对研究对象生源分布划分区域,选取区域重心为参考上落点,再以学生方便性、车辆可达性为原则调整参考上落点 P' ,调整后,选定的学生上落点。将20个主要生源地分成10个初始组,各个初始组的学生是断断续续的上车,初始组的特征及要求如表1所示。

表1 初始组的特征及要求表

Tab.1 Characteristics and requirements of the initial group

初始组 i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
上车人数 g_i	30	25	28	20	30	35	25	30	35	20
上车或下车时间 t_i (min)	5	4	5	4	5	6	4	5	6	4

在以上两步基础上,规定校车最高行驶速度不超过 $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,10个初始组对应10项运送任务(编号1,2,...,10),各项任务之间的距离及行驶时间分别由表2,表3给出。

表2 各初始组间的距离

Tab.2 Distance between initial groups

运送任务	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	20	10	60	45	50	30	40	60	70
2	20	0	10	40	25	30	10	20	40	50
3	10	10	0	50	30	35	10	25	50	60
4	60	40	50	0	25	20	35	30	35	40
5	45	25	30	25	0	5	15	5	20	30
6	50	30	35	20	5	0	15	5	15	20
7	30	10	10	35	15	15	0	5	30	35
8	40	20	25	30	5	5	5	0	20	25
9	60	40	50	35	20	15	30	20	0	10
10	70	50	60	40	30	20	35	25	10	0

表 3 各初始组间的行驶时间
Tab.3 Travel time between initial groups

运送任务	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	min
1	0	20	10	60	45	50	30	40	60	70	
2	20	0	10	40	25	30	10	20	40	50	
3	10	10	0	50	30	35	10	25	50	60	
4	60	40	50	0	25	20	35	30	35	40	
5	45	25	30	25	0	5	15	5	20	30	
6	50	30	35	20	5	0	15	5	15	20	
7	30	10	10	35	15	15	0	5	30	35	
8	40	20	25	30	5	5	5	0	20	25	
9	60	40	50	35	20	15	30	20	0	10	
10	70	50	60	40	30	20	35	25	10	0	

3.2 运行结果及简要分析

图 3 表示下拉图示每条线路详情图。根据所得程序操作指示,在图 3 所示操作界面可查看各条线路的具体信息。图 3 下拉菜单可以选择线路编号,选择线路编号后,在图中可以看到班车行驶路线,还可以知道在某点上车去哪所学校的人数。



图 3 下拉图示每条线路详情
Fig.3 Drop-down graphic details of each line

3.2.1 运行结果及简要分析

经过实际调查与验证,校车公交化的运营模式,启发式调度模型下运行所需的车辆小于非集约化安排的校车数量,同时运行效率也有较大幅度提高。各项参数比较如表 4 所示。

由表 4 可得, 优化后的方案与非优化方案及学校自配方案比较校车数量明显减小优化后的方案比学校自配方案少了 12 辆车; 所用成本明显降低,每日节省 24.6 万元; 且安全性及缓解交通压力方面均明显优于另外两种方案。

3.2.2 方案的反馈与调整

1) 学生信息追踪系统。学生信息追踪系统是保障学生安全的重要部分。学生通过缴费领卡,上车刷卡的同时计算机终端接收到上车学生的信息,追踪统计学生出行的信息,进而向学生家长反馈信息^[8]。

2) 线路调整。运营方案中公文化校车的运行线路是运用启发式算法确定的,但是实际情况的变动会引起已设计线路的不合理性^[9-10]。通过定期对线路进行考察,同时接受学生以及家长关于线路设计的合理建议,

及时对运行线路不合理的地方进行调整改进。

表4 优化前后状况对比情况表
Tab.4 Comparison table before and after optimization

比较项	优化调度校车方案	非优化调度校车方案	学校自配校车方案
车辆数/辆	36	44	48
成本			
车辆折旧	6 000×36=21.6 万元/月	6 000×44=26.4 万元/月	6 000×48=28.8 万元/月
人员费用	5 000×36=18 万元/月	5 000×44=22 万元/月	5 000×48=24 万元/月
燃油消耗	4 500×36=16.2 万元/月	4 500×44=19.8 万元/月	4 500×48=21.6 万元/月
保险维修费用	5 000×36=18 万元/月	5 000×44=22 万元/月	5 000×48=24 万元/月
总费用	73.8 万元/月	90.2 万元/月	98.4 万元/月
安全性	统一管理,打卡学生追踪系统,良好确保了校车和学生的安全,安全性较好	统一管理,安全性较好	管理相对混乱,安全隐患大
交通压力	运行效率高,运行车辆少,交通压力降低	运行效率偏低,运行车辆较多,交通压力偏大	运行线路较混乱,运行车辆很多,交通压力很大

4 结论

1) “公交化”运营使多个学校使用共同的校车,混装搭载,充分体现了“集约化”的思想,在节约能源的同时,也在一定程度上减轻了交通压力。

2) 集约化校车采取政府监管,委托公交公司负责的运营模式,更加便于校车的统一管理,减少校车运行中的安全隐患,进而保障学生的安全。

3) 运用物流学中解决集货送货一体化问题的启发式算法,建立启发式调度模型为公交化校车制定科学合理运行线路以及运行方案,确保了校车运行的效率。

4) 学生打卡系统以及信息追踪反馈系统便于公交公司负责部门统计上车学生,对每个学生负责,确保每个学生的安全,更加体现了人性化的服务。

参考文献:

- [1] 姬瓌瓌. 校车规范化,到底还有多远?[J]. 交通世界(运输车辆),2011(12):28-43.
- [2] 林华. 校车安全、专业、专用一个都不能少[J]. 运输经理世界,2011(12):127.
- [3] 黄凤娟. 校车“公交化”PK 校车“专用化”[J]. 人民公交,2011(1):45-46.
- [4] 李军,郭耀煌. 物流配送车辆优化调度理论与方法[M]. 北京:中国物资出版社,2001:59.
- [5] 陈小潘,党兰学,孔云峰. 一种求解大规模校车调度问题的元启发式算法[J]. 地球信息科学学报,2013,42(6):879-886.
- [6] 刘文. 校车优化调度算法及模型研究[J]. 清华大学学报:自然科学版,2013,43(2):247-251.
- [7] 唐燕雯. 一种基于 K-means 的自适应聚类算法的研究[J]. 科技致富向导,2012(2):143.
- [8] 党兰学,陈小潘,孔云峰. 校车路径问题模型及算法研究进展[J]. 河南大学学报:自然科学版,2013,43(6):682-691.
- [9] 祖巧红,张立志,陈利. MAS 与启发式算法结合的汽车滚装码头堆场作业调度[J]. 东南大学学报:自然科学版,2010,40(S2):297-300.
- [10] 范士娟,李伟. 高速公路隧道照明自动控制系统[J]. 华东交通大学学报,2011,28(5):9-13.

(下转第 75 页)

Direct Data-driven Identification for Controllers with Two Degrees of Freedom

Wang Jianhong, Zhu Yonghong

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen 333403, China)

Abstract: In closed loop structure, the problems of direct data driven identification about nonlinear controller and linear controller are studied when one nonlinear plant exists. Without identifying the nonlinear plant, the problem of designing the nonlinear controller is changed to the nonlinear system identification under one basis function expansion. For devising the closed loop linear controller, this paper introduces the virtual feedback tuning idea to identify the parameters of linear controller by using recursive least squares method. In closed loop structure, one Lipschitz continuous assumption of the nonlinear system is added and one finite gain stability notion is defined. Then some inequalities about Lipschitz constants are derived to guarantee that the nonlinear system's output is finite gain stable. Finally, it verifies the efficiency of the proposed strategy by the simulation example results.

Key words: two degrees of freedom; direct data driven identification; virtual reference feedback tuning; support vector machine

(责任编辑 姜红贵)

(上接第 44 页)

Research on School Bus Operation Management Based on Heuristic Algorithm

Geng Yang, Zheng Changjiang, Li Lili

(School of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: With the development of social economy, pressure from road traffic is increasing and travel safety issues are getting more and more attention, especially students' safety in school commuting. With the concept of "school bus", this paper puts forward an intensive operation thought which is led by government and relies on bus company's unified scheduling. Through heuristic algorithm and computer programming technology, driving program is established. Finally, the intensive operation mode is applied to optimize the operation plan of school bus for some non-governmental schools in Tianhe District, Guangzhou.

Key words: school bus; heuristic scheduling model; intensive operation; optimization and improvement

(责任编辑 姜红贵)