

智能公交动态调度优化模型

李志强, 周建立, 张 毅

河南科技大学车辆和动力工程学院, 河南洛阳 471003

摘要 利用先进的技术和设备实现公交的优化调度, 充分满足人们的出行需要, 是智能公交系统发展的目标。然而近年来中国智能公交发展在一定程度上出现过于追求先进性、忽略实用性、运营效果不理想、动态调度尚待充分开发等问题。结合中国智能公交系统现状, 通过对智能公交调度系统和调度特点深入分析, 在 GPS 定位、通信、计算机等技术的支持下, 将动态交通状态信息与车辆定位信息有效融合, 将智能化算法引入到公交运营调度中, 建立了基于实时动态数据, 兼顾乘客满意度和企业效益的动态调度优化模型。并且阐述了模型数据的自动采集方法、模型 Matlab 程式化的解法。结果表明, 该模型可以显著提高公交车辆满载率、缩短乘客候车时间和减少车辆总班次, 优化调度效果明显。

关键词 智能交通; 优化模型; 动态调度; 智能公交; Matlab 软件

中图分类号 U494.22, TP29

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)17-0069-04

An Optimization Model for Dynamic Intelligent Dispatching of Buses

LI Zhiqiang, ZHOU Jianli, ZHANG Yi

Vehicle & Motive Power Engineering College, Henan
University of Science and Technology, Luoyang 471003,
Henan Province, China

Abstract An intelligent bus dispatching system can better meet people's travel needs. The optimized algorithm takes advantage of advanced technology and equipments. However, in recent years the development of Chinese intelligent bus dispatching systems is not satisfactory with an excessive attention to advanced technology but less to practicality. Dynamic scheduling has yet to be fully exploited. In this paper, intelligent transportation scheduling systems and scheduling characteristics are analyzed. The information about dynamic transportation and vehicle locations is acquired and merged. An optimization model for intelligent dispatching of buses is proposed on basis of real data. This model is under the support of GPS positioning, communications, computers and other technologies, where intelligent algorithms are used in bus operation and dispatching and both passengers satisfaction and company profit are considered. The method of collecting data

automatically and the algorithm of this model are presented. This model is shown to be able to significantly improve the rate of bus full loading, shorten the waiting time of passengers, and reduce the total vehicle trips, with an evident effect of optimized dispatching.

Keywords intelligent transportation; optional model; dynamic dispatching; intelligent bus; Matlab software

0 引言

伴随经济社会的发展, 中国城市交通问题日益突出。交通问题的出现, 严重影响了城市的生产生活, 而且从长远来看, 影响了城市功能的发挥, 制约了城市的健康发展。国际上城市交通发展的经验证明, 解决城市交通问题, 关键是要树立城市公共交通在城市交通体系中的主导地位, 大力优先发展公共交通, 建立先进的公共交通系统 APTS (Advanced Public Traffic System)^[1], 实现公交调度智能化, 提高道路通行能力和公交运营管理水平。

近年来, 由于科学技术的进步和政府对于公交投入力度的加大, 中国智能公共交通调度系统初现端倪, 已经有杭州、上海、北京等地安装了电子站牌, 车载 GPS 定位设备, 实现了车辆的实时跟踪、定位, 公交车与调度室的双向通讯, 以及电子站牌上实时显示下班车位置信息等功能。青岛、贵阳、石家庄等城市在实现公交系统智能化管理方面, 已经有了一系列有益的探索^[2]。但是, 这些系统普遍存在先进的系统与静态、原始的调度方法共存现象, 未能充分利用智能系统提供的动态

收稿日期: 2009-05-11

基金项目: 河南教育厅自然科学基金项目(200510464028); 河南科技大学科研基金项目(2004ZY030, 2006ZY027)

作者简介: 李志强, 经济师, 研究方向为智能交通, 电子信箱: liqiangsqjt@yahoo.com.cn

数据实现动态调度^[3-4]。这显然与先进的技术和设备不相适应,既浪费了已有资源,又使系统无法最大限度地发挥作用,结果影响了公交智能化的效果。克服问题的关键在于加快智能公交动态调度方法的研究及向现实生产力的转化,推进中国的公交智能化进程。

1 实时动态信息的采集

实时客流、车辆运行数据是实现动态调度的基础。运用GPS或站点定位系统、智能公交车载的电子报站器、SFD系列IC卡月票机和踏板式下车乘客计数系统等先进设备^[5],可以全天候地自动统计公交线路车辆的运行时间、位置信息,以及乘客上、下车人数、车内人数及对应时间^[4]。

当运营车辆进入某站台(站台编码采用唯一编码)时,驾乘人员通过电子报站器向车上乘客广播车辆到站信息,提醒乘客下车,这时车载通讯机接收到电子报站器送来的信息(站台位置信息、车辆进站信息),加上固定信息(线路号、车号、上/下行标志等)组成一条短信息,实时发送给调度中心。

同时,上车的乘客经过IC卡月票POS计数和分类,就能掌握本站上乘客的数量。下车的乘客经过踏板式下车乘客计数器计数后,就能掌握本站下乘客的数量。当乘客上、下车完毕,驾乘人员通过电子报站器向车上乘客广播车辆离站信息,这时车载通讯机接收到电子报站器送来的信息,立即与IC卡POS和踏板式下车乘客计数器交换数据,获取本站上、下乘客的总数量和分类统计数量,加上固定信息(站台编号、线路号、车号、上/下行标志等)组成一条短信息,实时发送给调度中心。调度中心数据库对乘客和车辆的实时信息存储和实时更新,对历史信息存储。

2 模型的建立

2.1 基本假设

1) 交通情况、路面良好、无交通堵塞和车辆损坏等意外情况。

2) 公交车:公交车的运行速度服从正态分布^[6],发车间隔取秒,行驶过程中公交车彼此赶不上且不超车。

3) 乘客:在每时段内到达车站的人数服从负指数分布,乘客乘车是按照排队的先后有序乘车,且不用在两车的间隔内等得太久。

4) 正常工作日,客流稳定。

5) 乘车票价为定值,不因乘车远近而改变。

2.2 符号约定

$A(i, j)$ 为第 j 辆车由第 i 站行驶至第 $i+1$ 站预测的时间; $B(i, j)$ 为第 j 辆车由第 i 站行驶至第 $i+1$ 站的实际时间; $C(i, j)$ 为第 j 辆车行驶到第 i 站预测车上人数; $D(i, j)$ 为第 j 辆车行驶到第 i 站实际车上人数; $K(i, j)$ 为第 j 辆车行驶到第 i 站时刻; T 为发车班次时刻矩阵; $T(j)$ 为第 j 辆车发车时刻。

2.3 问题的分析

智能公交系统符合典型的人-车-路环境,是一个排队服

务系统,驾驶员、乘客和行人共同参与。人的到达具有随机性,客流动态受外界因素影响而经常变动。但经过充分调查研究后可以看到,在一定的时间与范围内,其变化随着季节、周日、昼夜呈现多种规律性。根据客流量在一昼夜不同时间内的分布,其动态演变可以分为双峰型、三峰型、四峰型和平峰型4种。所以短期客流量可以根据历史同期、同天气状态历史数据拟合出变化规律来预测。车辆的到达同样具有随机性,但也可用合适的数学方法进行预测。

2.4 模型建立

把汽车看作是“顾客”,将各个车站看作是“服务台”,则此公交系统可看作是一个顾客不消失的、单通道多级服务台串联的排队系统。因此,这里所遇到的主要是排队问题,需要考虑3种活动。

1) 首站发车活动:根据自动产生的发车时刻表确定。主要考虑发车时刻。

2) 到达中途站活动:中途站主要考虑车辆在站点间的运行时间,上、下车人数计数,车上的总人数统计和到站时间,以及数据传输。

3) 车辆空闲活动:等候排班。

此问题为满足下列条件的公交公司全天的总效益取最大的规划问题:乘客等待时间不超过10 min,否则发下一趟车;每趟车达到额定载客量120%时发下一趟车。

又公交公司全天的总效益最大即为全天所有车辆运行公里数最小,因为线路长度一定,只要考虑发车车次,即可得出目标函数^[7]

$$\begin{aligned} \min(j) &= j, j \in N \\ \text{st } C(i+1, j) &\leq 60 \\ (K(i, j) + A(i, j)/3600 - K(1, j)) &\leq 1/6 \end{aligned} \quad (1)$$

3 模型解法

下面结合实例说明模型解法。本文选取某大城市星期二06:30-12:30公交客流调查数据为样本。

1) 公交车站间运行时间

利用标准数据库查询SQL语句可以从调度中心数据库取得公交车站间运行时间矩阵 B 。

2) 预测下班车站间运行时间

由于车辆运行实际数据的时间序列线性或非线性增长的趋势不明显,利用一次指数平滑法预测车辆运行时间,计算公式为^[8]

$$S_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1} \quad (2)$$

式中, S_{t-1} 为第 $t-1$ 周期的一次指数平滑值, y_{t-1} 为预测对象第 $t-1$ 周期的实际数据, α 为指数平滑系数。如果时间序列数据的长期趋势比较稳定,应取较小的 α 值(例如0.05~0.20);如果时间序列数据具有迅速明显的变动倾向,则应取较大的 α 值(例如0.3~0.7)。从而可以预测出每辆车在任意两站间的运行时间,拟和相对误差6%以下时,预测出的站间运行时间误差可控制在15 s以内,可支持实时调度和实时信息发布。

预测式为

```
x=[x1,x2,...,xn]
s=zeros(1,73);
s(1)=x(1);
for i=2:73
    s(i)=0.05*x(i)+0.95*s(i-1)
end
s=round(s)
```

从而得到下班车站间预测运行时间矩阵 A 。

3) 样条曲线拟合预测短期客流

首先,利用数据库 SQL 语句可以取得公交车离开各站时车内人数矩阵 D 。

然后,调用 Matlab 计算引擎的样条工具箱拟合上车率和下车率曲线。以时间段为横坐标,单位时间上车乘客为纵坐标,可以采用样条逼近拟合上车率曲线。比较好的方法是利用 Matlab 工具箱进行拟合^[9]。

```
>>x=[x1,x2,...];
>>y=[y1,y2,...];
>>cs=csapi(x,y);
>>fnplt(cs); hold on; plot(x,y,'o')
```

以 0.5 h 为计数时段,先利用 SQL 语句从调度中心历史数据库取得历史同状况工作日线路每小时上、下半时上、下车人数,然后取时段的中点进行 3 次样条插值拟合乘客上、下车率曲线^[10]。

06:30-12:30 线路上行乘客上车率和下车率曲线如图 1 所示。

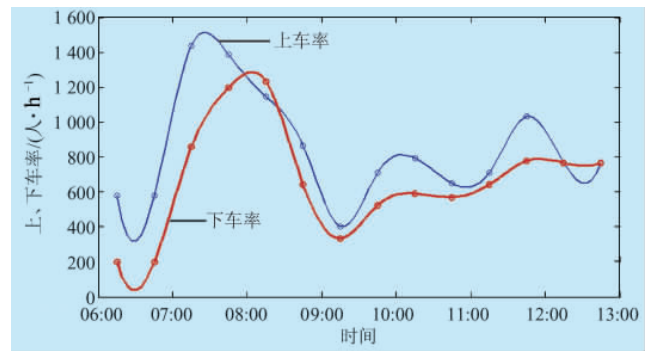


图 1 线路乘客上车率和下车率曲线

Fig. 1 Boarding rate and landing leads rate of passengers on line

最后,可以求出 06:30-12:30 其他时间点 x_0 的样条值:

```
EDU>>csapi(x,y,x0)
ans=y0
```

从而根据预测运行时间可以在到某站后预测出到下一站时上、下车人数。

4) 求解

公交调度即模型求解调用 Matlab 计算引擎,程序流程图如图 2 所示。

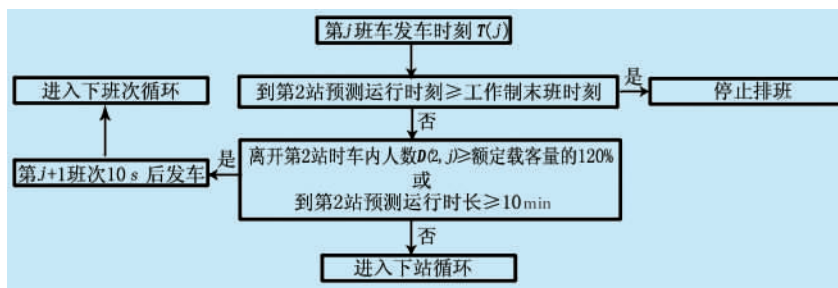


图 2 程序流程图

Fig. 2 Program's flow chart

程序运行得到 06:30-12:30 发车班次时刻矩阵

```
T=[06:30:00 06:39:38 06:48:55 06:58:09 07:07:41
    07:17:09 07:26:56 07:36:29 07:46:03 07:55:23
    08:05:02 08:14:20 08:23:54 08:33:30 08:42:45
    08:52:13 09:01:54 09:11:31 09:21:02 09:30:38
    09:40:10 09:49:27 09:59:15 10:08:44 10:18:12
    10:27:45 10:37:13 10:46:38 10:55:50 11:04:50
    11:14:30 11:23:51 11:33:19 11:42:45 11:52:15
    12:01:38 12:11:00 12:20:25 12:30:00]
```

预测车上最少乘客为 0 人,最多为 60 人;单班车辆最多行至第 8 站发下趟车;06:30-12:30 共发车 39 班次,比使用动

态调度前 73 班次少 34 班次。

4 结论

本文的智能公交调度模型是结合中国智能公交系统现状提出的,采用单一票价,智能公交车型统一,假设条件具有一定普遍性。目标函数兼顾了乘客和企业利益,符合公交企业调度决策的思路。同时较准确地描述了智能公交运营过程,预测的结果基本上反映了公交车实际的运行情况。

但在具体使用过程中,还存在预测权重因子确定及检验、拟合依据的确定及合理性问题。同时模型为一个实时控制总体,故需要一套响应极快的实时控制系统,确保实时数

据的传输。这些还有待进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] 刘镇阳, 张秀媛, 徐进, 等. 城市智能公共交通系统 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005: 88-89.
Liu Zhenyang, Zhang Xiuyuan, Xu Jing, et al. Urban intelligent bus system[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2005: 88-89.
- [2] 翁孟勇. 坚持和谐发展 共创交通美好未来[R]. 北京: 第十四届智能交通世界大会部长论坛, 2007.
Weng Mengyong. Holding on harmony and developing and creating beautiful feature of traffic [R]. Beijing: Forum of Ministers of the Fourteenth World Congress on ITS, 2007.
- [3] 杨晓光, 皮晓亮, 滕靖, 等. 中国智能公共交通系统发展问题的研究[J]. 城市公用事业, 2006(3): 7-8.
Yang Xiaoguang, Pi Xiaoliang, Teng Jing, et al. Public Utilities, 2006(3): 7-8.
- [4] 刘智平, 王凤群, 单刚. 交通流状态辨识系统集成研究 [J]. 科技导报, 2007, 26(22): 52-54.
Liu Zhiping, Wang Fengqun, Shan Gang. Science & Technology Review, 2007, 26(22): 52-54.
- [5] 覃运梅. 城市公交调度优化方法研究 [D]. 安徽: 合肥工业大学机械与汽车工程学院, 2006: 12-13.
Tan Yungmei. Research on optional methodes of urban public transport

- scheduling [D]. Anhui: Mechanical and Automotive Engineering College, Hefei University of Technology. 2006: 12-13.
- [6] 石爱菊, 周林. 公交车优化调度中的几个问题的研究 [J]. 数学的实践与认识, 2002, 32(2): 117-118.
Shi Aiju, Zhou Lin. Practice and research in mathematics, 2002, 32(2): 117-118.
- [7] 李志强, 宋彩娜, 张亚娟. 基于上下车人数的公交动态调度优化模型 [J]. 城市公共交通, 2008(1): 26-27.
Li Zhiqing, Song Caina, Zhang Yajuan. Urban Public Transport, 2008(1): 26-27.
- [8] 韩悦臻, 仇玉国, 王巍巍. 指数平滑法在公交运行时间预测中的应用 [J]. 山东建筑大学学报, 2007(4): 177-180.
Han Yuezheng, Qiu Jianguo, Wang Weiwei. Journal of Shangdong Jinazhu University, 2007(4): 177-180.
- [9] Gerald C F, Wheatley P O. 应用数值分析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 143-144.
Gerald C F, Wheatley P O. Applied numerical analysis [M]. Beijing: China Machine Press, 2006: 143-144.
- [10] 牛学勤, 陈茜, 王炜. 城市公交线路调度发车频率优化模型 [J]. 交通运输工程学报, 2003, 3(4): 69-70.
Niu Xueqin, Chen Xi, Wang Wei. Journal on Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3(4): 69-70.

(责任编辑 岳臣)



中国科协全力打造《科技导报》，使之成为中国的Science和Nature，
并与全国科技界一起使中国从科技大国走向科技强国。

中国精品科技期刊，中文核心期刊，中国科技论文统计源期刊（中国科技核心期刊），中国科学引文数据库源期刊。美国CA, CSA, Ulrich收录期刊，波兰IC收录期刊，英国SA/INSPEC, CABI收录期刊。

欢迎投稿 欢迎订阅

《科技导报》是以发表国内外科学技术各领域原创性学术论文为主的综合性学术刊物，快速报道国内外重大科技新闻，全方位、高密度、大容量提供各类科技信息。主要读者对象为高等学校和科研院所自然科学领域科研一线人员及研究生。《科技导报》是一本特别适合博士生、博士后、副教授以上人员个人阅读的学术刊物。

根据中国科协的要求，本着“三服务，一加强”的宗旨，《科技导报》真诚地希望能为各全国学会提供更周到的服务。2009年开始，《科技导报》为举办年会和大型国际学术会议的全国学会刊登整页广告提供优惠服务。欢迎各全国学会及时把会议信息告知本刊编辑部。

《科技导报》(半月刊) 2010年定价为15.00元/册，全年定价360.00元，全国各地邮局均可订阅，邮发代号2-872。

中国科协所属全国学会个人会员订刊8折优惠。

联系地址：北京市海淀区学院南路86号
科技导报社 (100081)

出版发行部

订刊电话：010-62194182
传 真：010-62118198
联系人：华起新
订刊信箱：kjdb@cast.org.cn

编辑部

联系人：严佳君
联系电话：010-62173594
电子信箱：yanjiajun@cast.org.cn