

公交站点停靠时间预测模型研究*

王 旭¹ 陈旭梅^{1▲} 寇伟彬¹ 朱丽颖²

(1. 北京交通大学城市交通复杂系统理论与技术教育部重点实验室 北京 100044;

2. 北京市劳动保护研究所 北京 100054)

摘 要 基于对北京市六环内各方向 23 条公交线路不同站点的现状数据采集,提出了一种公交站点停靠时间预测模型。分析了上下车人数、车内拥挤度、车门数及公交车台阶数等影响因素对公交停靠时间影响程度。根据分析结果,排除台阶数对停靠时间的影响。由于北京市 3 门铰接车与 2 门车的停靠时间存在一定的差异,考虑公交车门数对上下车时间的影响,得到 3 门车公交下车客流分配关系;然后选择上下车人数及车内拥挤度 2 个因素作为自变量,建立了乘客上下车时间预测模型;进而通过回归分析开门时间最长的车门乘客上下车时间与站点停靠时间的关系,选取二次函数作为公交站点停靠时间预测模型。最后,对 2 条不同公交线路的公交预测停车时间及实地调查停车时间进行比较,其标准化均方差分别为 0.151 0、0.178 2,表明该模型具有较高可靠性,可应用于公交行程时间的研究。

关键词 交通规划;回归分析;客流分配;停靠时间;车门数;拥挤度

中图分类号:U121 文献标志码:A doi:10.3963/j.issn.1674-4861.2016.02.008

A Prediction Model of Bus Dwelling Time at the Stops

WANG Xu¹ CHEN Xumei^{1▲} KOU Weibin¹ ZHU Liying²

(1. MOE Key Laboratory for Transportation Complex Systems Theory and Technology,

Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. Beijing Municipal Institute of Labour Protection, Beijing 100054, China)

Abstract: This paper develops a model to predict bus dwell time by analyzing field data collected from 23 bus lines within the sixth ring road of Beijing, China. The following variables, including boarding volume, alighting volume, degree of crowding, number of doors, and number of steps, are analyzed. Based on the analysis results, the number of steps is found to be insignificant and disregarded. The dwell time of two-door buses and three-door buses is quite different, a method for estimating boarding/alighting volumes for three-door buses is proposed. The boarding/alighting volumes and degree of crowding on the buses are selected to develop boarding/alighting time models. The relationship between the dwelling time and the longest boarding/alighting duration is estimated by using a regression analysis. A quadratic function is chosen to model bus dwelling time. The proposed models are validated with the field data from the two bus lines in Beijing. Compared to the actual dwell time, the predicted time from this model has the standard variances of 0.151 0 and 0.178 2, respectively. The results show that the proposed model has a good prediction power and therefore is suitable for studying bus travel time.

Key words: traffic planning; regression analysis; distribution of passenger flow; dwelling time; number of doors; degree of crowding

收稿日期:2015-12-16 修回日期:2016-03-17

* 交通运输部交通运输建设科技项目(2015318221020)资助

第一作者简介:王 旭(1993—),硕士研究生.研究方向:交通运输规划与管理. E-mail:14120898@bjtu.edu.cn

▲通信作者:陈旭梅(1974—),博士,教授.研究方向:交通运输、智能交通研究. E-mail:xmchen@bjtu.edu.cn

0 引言

公交站点是公交运行中的关键节点,主要承担着公交车辆停靠和乘客候车的任务,所以公交站点的充分利用将有助于提高整个公共交通线网的畅通性。同时,缩短公交车在停靠站点处的延误^[1],提高公交站点通行能力是实施公交优先战略的重要方面。公交站点停靠时间可应用于公交运行仿真、公交路段阻抗函数、公交线网评价等诸多领域,因此对公交车在站点停靠时间的研究具有重要实用意义。

目前国内外对公交停靠站时间的研究大多侧重于停靠时间的影响因素。这些影响因素包括上下车乘客数、公交站候车人数、公交车型、车内拥挤程度及其他因素。国外学者对公交站点停靠时间影响因素的研究较为全面。Levinson^[2]通过研究得出,公交车上下车乘客数这一因素主要决定了公交车在站点的停靠时间,Wei Fan等^[3]分析了公交车内站立的乘客数对其他乘客上车时间的影响程度,得出公交车内站立的乘客数量对其他乘客平均上车时间也会产生一定程度的影响,Jaiswal^[4]则认为在一些较大型公交停靠站中,公交车的停靠时间通常与停靠站内的候车乘客数量呈正相关,Bladikas^[5]在其研究中分析了恶劣天气影响下的公交停靠时间变化情况,发现雨雪天气下公交车停靠时间会明显增加。同时国内一些学者也开展了相关研究。吴叶等^[6]对公交停靠时间的影响因素,如公交车类型、车内拥挤程度及上下车人数等进行了简单分析。基于实地调查数据,对各因素的影响特征进行了统计分析,并在此基础上提出了减少公交站点停靠时间延误的对策。刘建荣^[7]等首先分析了公交车站停车位对停靠时间的影响程度,进而研究了公交站点处公交车辆的损耗时间。Chen等^[8]借助神经网络模型探讨了乘客上下车行为这一因素对公交停靠时间的影响程度。

在对公交车站点停靠时间影响因素分析的基础上,国内外学者对于公交车在站点的停靠时间进行了相关量化研究和应用。Kenneth J. Dueker等^[9]利用 AVL/APC 数据对公交停靠时间的影响因素进行了相关分析,认为 AVL/APC 数据可有效应用于公交车在站点的停靠时间分析。杨东媛^[10]对公交线路中间站点的停靠时间进行了相关分析,并构建了各种影响因素的修正系数,量化

了各影响因素对停靠时间的影响程度。同样,王江兰^[11]分析了可能影响公交站点停靠延误的各个因素,并通过调研数据及 Vissim 平台仿真详细研究了各因素对公交车站点停靠延误的不同影响程度。高洁^[12]将公交车辆在各个站点的整个停靠过程进行了详细划分,并对成都市二环路某公交站点进行了实地调研,最终构建了公交站点车辆停靠延误模型。郭四玲等^[13]基于公交车在站点处的停留时间具有随机性这一特点,通过实地调研城市路段上及交叉口处的公交车站停靠时间,并对所得数据进行了统计分析,得出公交车在站点的停留时间不符合正态分布规律。许秀华^[14]分析了影响公交车在站点停靠时间的主要因素,并针对不同停靠泊位建立了公交车站点停靠时间模型,考虑因素主要为上下车乘客数、上下车人均时间及车门数。

从以上国内外研究现状可以看出,在公交车停靠时间影响因素方面,目前大部分学者针对公交车在站点的停靠时间影响因素已作了较为全面的分析,然而大多数研究只针对于单个因素对公交车停靠时间的影响程度,且未基于相同的数据条件下来分析多个因素的影响程度;在公交车停靠时间预测研究方面,多数研究主要面向停靠时间分布规律及统计分析,部分学者在研究中基于调研数据建立了公交站点停靠时间预测模型,且建模方法较为笼统,所建模型未综合考虑多种因素。笔者在分析国内外研究的基础上,通过实地调研北京市多条公交线路数据,并结合北京市公交车特点,对影响公交车停靠时间的各因素进行了量化分析;继而综合考虑多个因素,建立了公交站点停靠时间预测模型。

1 影响因素分析

公交车辆在站点停留时间主要包括公交车进站、开车门、乘客上下车、关车门、公交车出站等五部分。由于公交车辆进出站过程涉及加减速、变道以及排队等行为,较难界定其开始与结束时刻,因此本文所研究公交车站点停靠时间为车辆进站后开车门时刻与关车门时刻之差。公交站点停靠时间的影响因素主要有上下车乘客数、公交车内拥挤程度、公交车门数、公交车台阶数及售票方式等。由于目前北京市公交车均采用 IC 卡,乘客上下车均需刷卡,所以售票方式对停靠时间的影响较小,因此笔者不考虑售票方式对停靠时间的

影响。

笔者所用数据通过人工采集,实地调研了北京市 23 条不同行驶方向、不同区域的公交线路,调研时间为 2014 年 11 月至 12 月,调研时段为 07:30~09:00 时。调研内容包括 23 条线路 20 余个公交站点处公交车开关门时间、上下车人数、车内人数情况、车型、公交车台阶数等,通过数据处理,分别针对以下几个因素对公交停靠时间的影响程度进行详细分析。

1.1 上下车人数

公交车上下车乘客数对公交车在站点的停靠时间起决定作用。通过整理调查数据,剔除错误数据,得到有效数据 566 组,进而分析上下车时间与上下车人数之间的关系,得到箱图分别见图 1。

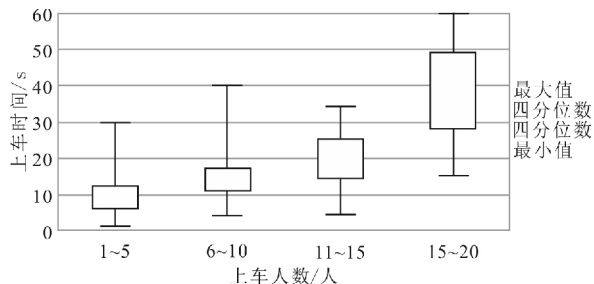


图 1 上车时间与上车人数关系图

Fig. 1 Scatter diagram of boarding time and volumes

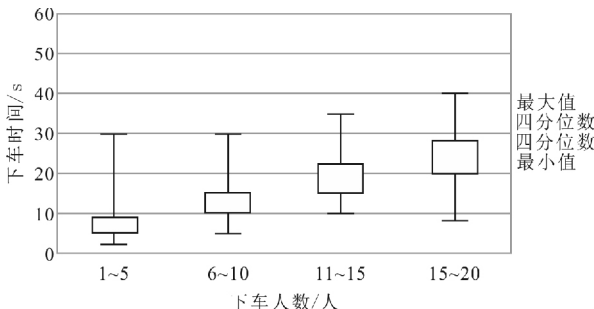


图 2 下车时间与下车人数关系图

Fig. 2 Scatter diagram of alighting time and volumes

由图 1~2 可见,随着上下车乘客数的增多,上下车时间均明显增多。通过两图比较发现,相同人数区间内,上车时间明显高于下车时间,尤其是当人数大于 15 人时,上车时间最高近 50 s,这是因为在上车过程中可能存在部分乘客耗时过多等现象。而从下车时间与下车人数关系图可看出,下车过程中数据较上车明显集中,且更有规律性,相同人数区间内下车大部分乘客下车时间相差小于 10 s。上下车人数这一因素对停靠时间影响较大,将作为主要因素进行研究。

1.2 车内拥挤程度

公交车内拥挤程度对乘客上下车时间有着一

定的影响。若车内乘客较少,则乘客上车后在车内行走较快,乘客平均上车时间会较短,同样,乘客下车也较快;但在车内较为拥挤的情况下,乘客上下车受阻大,出入均比较耗时。本文研究将公交车内拥挤程度划分为 2 种情况:①车内非拥挤状态,车内立席密度^[14]小于等于 6 人/ m^2 ,乘客上下车较为自由,基本不受来自其他乘客的阻力;②车内拥挤状态,站立的乘客较多,车内立席密度大于 6 人/ m^2 ,几乎无法移动,上下车时乘客需耗费较多时间。图 3~4 分别比较了 2 种状态影响下乘客上下车所需时间情况。

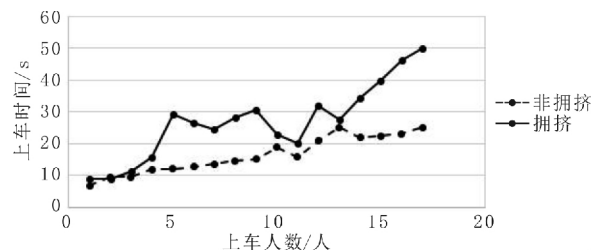


图 3 拥挤程度对上车时间影响

Fig. 3 The impact of congestion on boarding time

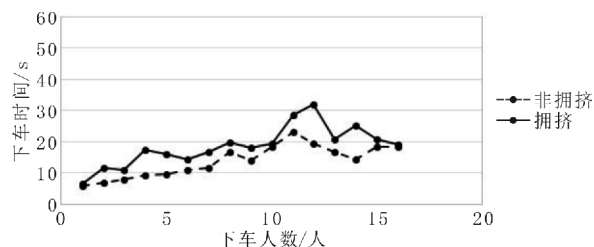


图 4 拥挤程度对下车时间影响

Fig. 4 The impact of congestion on alighting time

由图 3~4 可见,无论是乘客上车时间还是下车时间,拥挤状态均高于非拥挤状态。其中,公交车内拥挤程度对上车时间影响较为明显,且在相同人数下,上车时间远大于下车时间。可见,拥挤度对公交车在站点的停靠时间有着一定的影响。因此,在研究中应充分考虑公交车内拥挤度这一因素对公交站点停靠时间的影响。

1.3 公交车门数

公交车的车门数直接影响同一时段内上车或下车乘客的数量,从而影响该公交车在站点的停靠时间。目前北京市公交所采用的车型主要有 2 种:2 门车及 3 门铰接车。其中,2 门车为前门上车、后门下车;而 3 门车为中门上车、前后门下车。2 种类型公交车在相同下车人数情况下的下车时间对比见图 5。

由图 5 可见,除个别情况外,在相同下车人数情况下,3 门车下车时间明显短于 2 门车。3 门车

公交与2门车公交在站点的停靠时间具有明显差异性。因此,在研究公交站点停靠时间时需考虑该因素。

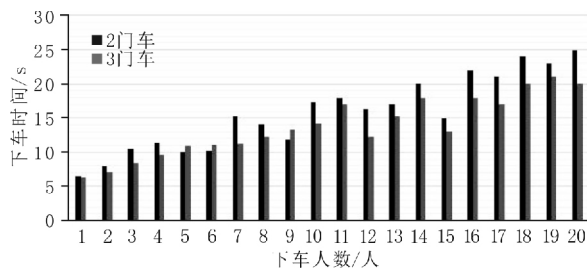


图5 不同车门数下车时间对比
Fig. 5 Comparison of the alighting time between buses with different number of doors

1.4 台阶数

台阶数指公交车门上下车台阶个数。目前北京市公交车辆台阶个数情况有:无台阶、1个台阶、2个台阶。理论上来说,公交车台阶个数越多,乘客上下车时间也就越多,然而通过调研发现,公交车台阶个数对乘客上下车时间影响并不大,见表1,不同台阶数人均上车时间及下车时间差别较小,因此在建立停靠时间预测模型时不考虑该因素。

表1 不同台阶数人均上下车时间

Tab. 1 The impact of number of steps on dwelling time

台阶数	人均上车时间/s	人均下车时间/s
0	3.00	2.88
1	3.06	2.89
2	3.07	3.02

分析以上几种因素影响下的公交车乘客上下车时间,其中,上下车人数对乘客上下车时间有显著影响,车门数及车内拥挤程度对乘客上下车时间具有不同程度的影响,而台阶数对乘客上下车时间影响较小。因此,在建立公交站点停靠时间预测模型过程中需综合考虑上下车乘客数、公交车门数、车内拥挤度等因素。

2 公交站点停靠时间预测

2.1 3车门下车客流分配

在3车门情况下,乘客是通过前门、后门2个车门来完成下车,研究时须对下车的客流进行分配。采用简单线性回归方法来分配3门车公交下车客流。通过对21条公交线路不同站点上下车人数采集并筛选有效数据,最终得到405组数据,回归拟合过程如下图所示。图6与图7分别为公交车前、后门下车人数散点图。

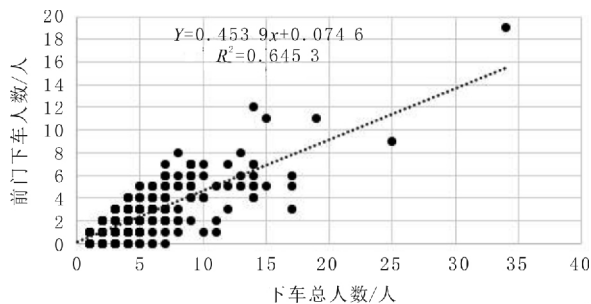


图6 前门下车乘客数散点图
Fig. 6 Scatter diagram of alighting volumes of front door

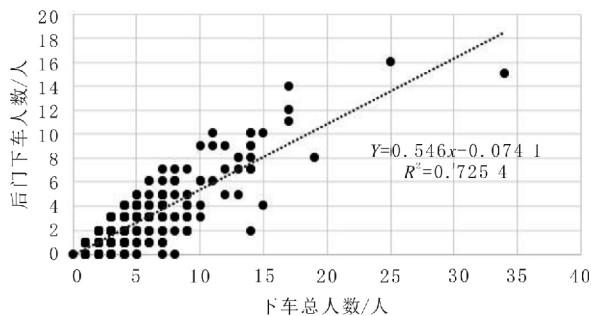


图7 后门下车乘客数散点图
Fig. 7 Scatter diagram of alighting volumes of back door

根据以上回归结果,因为大多数乘客已习惯在公交车后门下车,所以3门车的后门下车乘客数要相对多于前门下车乘客数。下车总人数与前、后门下车人数线性回归关系式中 R^2 分别为0.6453与0.7254,选取后者表达式作为公交车后门下车乘客数分配模型,从而得到3车门公交车乘客下车客流分配表达式为

$$P_{\text{下后}} = 0.5461 \times P_{\text{下}} - 0.0741 \quad (1)$$

$$P_{\text{下前}} = P_{\text{下}} - P_{\text{下后}}$$

式中: $P_{\text{下}}$ 为下车总乘客数,人; $P_{\text{下前}}$ 为前门下车乘客数,人; $P_{\text{下后}}$ 为后门下车乘客数,人。

2.2 乘客上下车时间预测模型

采用SPSS软件中5种非线性函数,即多项式函数、对数函数、幂函数、指数函数以及S-型曲线等的回归模型集合来研究公交车乘客上下车时间与上下车乘客数之间的关系。首先根据车内乘客数量进行拥挤程度划分;然后以上下车乘客数为自变量,以上下车时间为因变量,利用SPSS软件对不同拥挤程度下上下车乘客数与上下车时间的关系进行回归拟合;最后根据拟合优度大小选取相应的回归模型。

根据SPSS回归拟合的优度,选取以下关系式作为拥挤和非拥挤状态下上下车时间与上下车乘客数的回归模型。其中: T 为上下车时间,s; N 为上下车乘客数,人。

1) 公交车内非严重拥挤情况下, 乘客上车时间模型选为指数函数形式

$$T_{\pm} = \begin{cases} 7.598e^{0.084N}, & N > 0 \\ 0, & N = 0 \end{cases} \quad (2)$$

乘客下车时间模型选为幂函数形式

$$T_{\mp} = \begin{cases} 4.695 + 0.561 \times \ln N, & N > 0 \\ 0, & N = 0 \end{cases} \quad (3)$$

2) 公交车内严重拥挤情况下, 乘客上车时间模型选为三次曲线形式

$$T_{\pm} = \begin{cases} 5.223 + 4.617N - 0.193N^2 + 0.006N^3, & N > 0 \\ 0, & N = 0 \end{cases} \quad (4)$$

乘客下车时间模型选为幂函数形式

$$T_{\mp} = \begin{cases} 7.386 + 0.412 \times \ln N, & N > 0 \\ 0, & N = 0 \end{cases} \quad (5)$$

2.3 停靠站时间预测模型

经调研发现, 公交车在站点的停靠时间与耗时最长的车门有关, 该车门所耗用时间直接决定公交车的停靠时间。由于公交车开关门属于人工操作, 公交车辆各个车门的开关门时间一般不同步, 且公交车的离站时间一般要晚于耗时最长车门的关门时间。因此, 笔者进一步研究了公交车站点停靠时间与耗时最长车门的乘客上下车时间之间的关系。

首先, 通过以上模型, 可预测得到公交车各车门乘客上车时间或下车时间, 进而得到耗时最长车门的乘客上车时间或下车时间。然后, 建立公交车乘客上、下车时间与站点总停靠时间之间的关系模型。最后, 根据回归拟合优度, 选择最佳回归表达式作为公交车站点停靠时间预测模型。

同样地, 选择以下 6 种函数模型, 分别对停靠站时间与耗时最长车门乘客上下车时间关系进行回归分析, 回归结果如下图表所示。表 2 为 6 种模型回归所得到的拟合优度 R^2 , 图 8 为回归函数结果图。

表 2 停靠站时间回归函数的 R^2
Tab. 2 R^2 of dwelling time regression function

函数类型	对数函数	二次曲线	三次曲线
R^2	0.714	0.902	0.902
函数类型	幂函数	S 型曲线	指数函数
R^2	0.897	0.604	0.754

由回归函数图可以看出, 乘客上下车时间基本集中在 35 s 内, 且在 35 s 内各曲线拟合情况相似, 均呈现正相关增长趋势; 而当耗时最长车门上

下车时间大于 35 s 时, 不同曲线对于停靠站时间与耗时最长车门乘客上下车时间关系的拟合情况出现较大差异。由表 2 可见, 二次曲线、三次曲线以及幂函数的拟合度较高, 其中前 2 种曲线的判定系数 R^2 均高于 0.9, 且二次函数曲线走向与调查观测数据趋势更为相近。因此, 选择二次曲线表达式作为公交站点停靠站时间预测模型

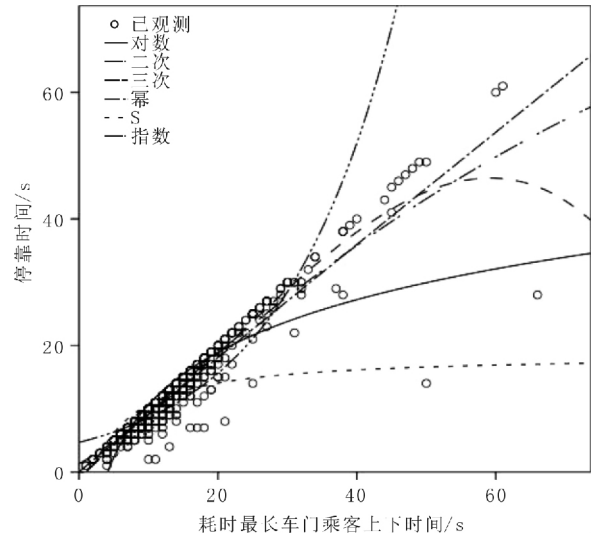


图 8 公交站点停靠时间回归函数

Fig. 8 Dwelling time regression function of bus stops

$$T = \begin{cases} 0.906 + 1.019 \times T_{\max}, & T_{\max} > 0 \\ 0, & T_{\max} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

式中: T 为站点停靠时间, s; T_{\max} 为耗时最长车门的上下车时间, s。

3 应用案例

本文案例选用北京市 355 路及 699 路公交线路, 分别选取 2 个中途站点。调研时段为 07:30~09:00 时。其中 355 路公交车为 2 门车, 699 路公交车为 3 门铰接车, 分别用于验证拥挤状态及非拥挤状态下公交站点停靠时间预测模型可靠性。

通过对北京市 355 路公交调研所得数据分析, 由于所采集到的拥挤状态下数据较少, 所以 355 路公交数据将用于预测非拥挤状态下公交站点停靠时间, 剔除错误数据, 共得有效数据 26 组, 经计算得预测停留时间, 其与实际停车时间对比见表 3; 同理, 对于 699 路, 整理有效数据并计算公交车预测停车时间, 用于验证拥挤状态下 3 门车站点停靠时间模型可靠性, 见表 4。

由表 3~4 可见, 拥挤状态下公交车在站点的停靠时间明显高于非拥挤状态下的停靠时间, 两

路公交车站点停靠时间预测值与实际值偏差均较小。归一化均方差(NMSE)表示预测数据和原始数据对应点误差的平方和的均值,其值越接近于 0,表示模型选择和拟合更好,数据预测也越成功,笔者利用归一化均方差分析验证模型可靠性。

表 3 355 路公交车站点预测停车时间
与实际停车时间对比

Tab. 3 Comparison of the dwelling time between
calculation and field data of route # 355

序号	预测停车 时间/s	实际停车 时间/s	序号	预测停车 时间/s	实际停车 时间/s
1	14.8	16	14	11.7	11
2	14.8	12	15	14.8	20
3	9.3	13	16	22.1	21
4	12.7	15	17	22.1	22
5	10.9	8	18	13.7	9
6	13.7	15	19	18.8	20
7	12.7	11	20	14.8	19
8	10.1	16	21	13.7	15
9	10.9	13	22	13.7	20
10	18.8	20	23	16.1	20
11	11.7	15	24	13.7	12
12	24	25	25	20.4	16
13	11.7	12	26	20.4	22

表 4 699 路公交车站点预测停车时间
与实际停车时间对比

Tab. 4 Comparison of the dwelling time between
calculation and field data of route # 699

序号	预测停车 时间/s	实际停车 时间/s	序号	预测停车 时间/s	实际停车 时间/s
1	14.5	11	11	22.3	20
2	26.3	28	12	30.5	27
3	33.1	40	13	38.5	31
4	30.7	40	14	44.9	40
5	22.4	14	15	37.1	40
6	14.7	20	16	30.2	18
7	14.9	12	17	18.3	18
8	26.8	29	18	20.5	13
9	22.3	15	19	14.6	16
10	18.6	15	20	14.7	20

$$NMSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(t_{yi} - t_{si})^2}{t_y \times t_s} \quad (7)$$

式中: t_{yi} 为第 i 组数据中公交车预测停靠时间; t_{si} 为第 i 组数据中公交车实际停靠时间; n 为总数据组数。

分析计算结果,355 路公交及 699 路公交车站点停靠预测时间归一化均方差分别为 0.151 0, 0.178 2,表明该模型具有较高可靠性,对公交站点停靠时间预测研究有重要实用价值。

4 结束语

以北京市公交站点实地调查数据为基础研究

公交站点停靠时间预测模型。首先分析了各因素对停靠时间的影响程度,选择上下车人数、车门数及车内拥挤度三因素为模型变量;对 3 门车下车客流进行了比例分配;利用 SPSS 软件比较多种函数回归模型,并选取拟合优度最高的函数作为乘客上下车时间预测模型,最终得到停靠站时间预测模型。本文主要结论有:

1) 上下车人数是影响公交车在站点停靠时间的主要因素,在建立公交站点停靠时间模型时还需综合考虑车门数、车内拥挤度等因素。

2) 通过研究发现,公交车台阶数对公交车在站点的停靠时间影响不大,在公交车站点停靠时间研究中可忽略这一因素。

3) 案例中对公交站点停靠时间预测模型进行了验证,结果误差较小,表明该模型具有较高的实用性,可有效地预测公交站点停靠时间。

本文是在已知公交站点上下车人数、车内拥挤度等相关数据前提下,预测公交站点停靠时间,在未来应用中可将其与公交客流 OD 预测相结合^[15],从而更有效预测公交线路各站点车辆停靠时间。

参考文献

- [1] 韩璧磷. 公交停靠站延误的影响因素分析及缩减策略研究[D]. 北京:北京交通大学, 2011.
HAN Bilin. Analysis factors on bus delay in bus station and strategies for reduction[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011, 6. (in Chinese)
- [2] LEVINSON H S. Analyzing transit travel time performance [C]. The 62th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D. C. : Transportation Research Board, 1983.
- [3] WEI F, RANDY B. Do transit users just wait or wait with strategies for the bus? Some numerical results you should see as a transit planner [C]. The 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D. C. : TRB, 2009:1-10.
- [4] JAISWAL S, BUNKER J, FERREIRA L. Operating characteristics and performance of a busway transit station [C]. The 30th Australasian Transport Research Forum Conference, Melbourne: The Australasian Transport Research Forum, 2007.
- [5] BLADIKAS A, TSAI F M, CHIEN S I, et al. Evaluation of bus travel time and schedule adherence under adverse weather [C]. The 88th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.

- C. ; Transportation Research Board, 2009.
- [6] 吴叶, 徐大刚. 公交停靠站停靠时间特征分析[J]. 交通与运输(学术版), 2007(2):27-29.
WU Ye, XU Dagang. The analysis of berthing time characteristics at the bus stop [J]. Traffic and Transportation (Academic Edition) 2007(2):27-29. (in Chinese)
- [7] 刘建荣, 邓卫生. 公交停靠站公交车损失时间研究[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(4): 44-47.
LIU Jianrong, DENG Weisheng. Time loss of transit vehicles at bus stops[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2011, 29(4): 44-47. (in Chinese)
- [8] CHEN M, LIU X. Analyzing passenger activity and its impact on bus dwell time and travel time using AVL/APC data[J]. Journal of the Transportation Research Forum, 2005, 44(3):131-142.
- [9] DUEKER K J, KIMPER T J, STRATHMAN J G. Determinants of bus dwell time[J]. Journal of Public Transportation, 2004(7):21-39.
- [10] 彭庆艳, 杨东援. 公交汽车中途站停靠时间模型[J]. 长安大学学报, 2002, 22(1):60-61.
PENG Qingyan, YANG Dongyuan. Mathematical model of the dwell time at the bus stop[J]. Journal of Chang'an University, 2002, 22(1):60-61. (in Chinese)
- [11] 王江兰. 常规公交站点停靠延误影响因素分析[D]. 西安:长安大学, 2014.
WANG Jianglan. Analysis on factors affecting delay on regular bus stop[D]. Xi'an:Chang'an University, 2014. (in Chinese)
- [12] 高洁. 基于回归分析的公交站点车辆停靠延误模型设计[J]. 交通科技与经济, 2009, 11(6):40-43.
GAO Jie. Research of time-delayed at bus stop model based on regression analysis[J]. Technology and Economy in Areas of Communications, 2009, 11(6):40-43. (in Chinese)
- [13] 郭四玲, 韦艳芳, 时伟, 等. 公交车停靠时间的统计分析[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2006, 24(2): 5-8.
GUO Siling, WEI Yanfang, SHI Wei, et al. Statistical analysis of buses dwell time[J]. Journal of Guangxi Normal University (Natural Science Edition), 2006, 24(2): 5-8. (in Chinese)
- [14] 许秀华. 公交车在公交停靠站的停靠时间研究[D]. 北京:北京交通大学, 2015.
XU Xiuhua. Research on bus stopping time at the bus stop[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2015. (in Chinese)
- [15] 蒋盛川, 孙轶凡, 杜豫川, 等. 拥挤度对公共交通方式选择意愿的影响[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2012, 40(12): 1831-1835.
JIANG Shengchuan, SUN Yifan, DU Yuchuan, et al. Influence of in-vehicle congestion degree on choice of public transit mode[J]. Journal of Tongji University (Natural Science Edition), 2012, 40(12): 1831-1835. (in Chinese)
- [16] 章玉. 基于数据挖掘的动态公交客流 OD 获取方法研究[D]. 北京:北京交通大学, 2010.
ZHANG Yu. Dynamic public transit origin-destination estimation based on data mining [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010. (in Chinese)