

# 基于 Logistic 模型的定制公交出行选择影响因素研究 ——以乌鲁木齐市为例

奴尔加马力·安尼瓦,王令飞,艾力·斯木吐拉

(新疆农业大学 交通与物流工程学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 发展定制公交是国内外城市交通发展的必然趋势,深入了解居民定制公交出行特征及意愿,提高公众参与度是未来定制公交规划的基础。文中以乌鲁木齐市居民定制公交选择意愿专项调查结果为基础,通过 Logistic 回归模型和灵敏度分析,在了解乌鲁木齐市居民定制公交出行意愿的同时,分析乌鲁木齐市居民定制公交出行意愿的影响因素。结果表明,票价、是否有座、中途停车次数、出行距离均会对居民定制公交出行意愿产生显著影响。

**关键词:** 城市交通;定制公交;出行选择;Logistic 模型;影响因素

中图分类号:U491.1

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)06-0023-03

乌鲁木齐是新疆政治、经济、文化、教育、医疗、物流中心,吸引着来自新疆、全国乃至中亚各国的大量人流、物流和车流。随着城市规模和经济建设的飞速发展,城市化进程加快,乌鲁木齐市城市人口急剧增加,交通需求急剧增长,城市交通供需矛盾日趋紧张。加上机动车保有量的快速增长,城市居民出行成倍增加,经常出现道路拥堵、交通秩序混乱等问题。为缓解巨大的交通压力,应对道路拥堵,各级政府和部门着眼于市民的实际需求,积极探索多元化的出行模式。乌鲁木齐市第三次交通大调查结果显示,上班、上学等刚性出行仍是居民的主要日常出行目的,分别占总出行量的 43.5%、12.7%,且早高峰的出行量约占全天总出行量的 16.8%,高峰时段总出行量占全天出行量的 37.1%。可见,解决城市交通问题的关键在于解决通勤出行问题,策略在于大力发展公共交通。

近年来,定制公交作为辅助公交的一种服务类型逐步呈现在公众面前,成为多元化公交系统的一部分。定制公交的发展能优化城市客运交通结构,尤其是私家车向定制公交出行的转移,在缓解城市交通拥堵和减少交通污染的同时,还可满足居民的个性化出行需求。该文通过在乌鲁木齐市各行政区进行定制公交出行选择意愿专项调查,获取居民出行选择基础数据,结合出行者的个体特性、出行特性和定制公交特性,利用二元 Logistic 模型进行回归分析,研究影响城市居民选择定制公交出行的因素及其影响程度,为乌鲁木齐市定制公交规划和发展提供参考。

## 1 模型简介

### 1.1 模型的引入

该文主要研究影响不同出行方式的通勤人群向定制公交转移的因素,并对各主要因素的影响程度大小和方向进行定量分析。影响乘客选择定制公交的因素是多方面的,以是否选择定制公交为被解释变量,各影响因素(性别、职业、年龄、收入、是否接送小孩、出行距离、定制公交票价、是否有座、中途停车次数等)为解释变量,根据因变量的属性,将其转化为二元问题,即是否选择定制公交出行方式(是=1,否=0)。因此,引入二元 Logistic 模型定量分析各因素对城市居民选择定制公交的影响程度。

### 1.2 二元 Logistic 模型的建立

二元 Logistic 回归模型(因变量  $Y=0$  或  $Y=1$ )采用的参数估计方法为最大似然估计法。假如一个被访者在一组自变量作用下所选择的结果为  $Y$ ,则  $Y=1$  表示被访者选择定制公交, $Y=0$  表示被访者没有选择定制公交。若事件发生(选择定制公交)的概率为  $p$ ,则  $1-p$  表示事件不发生(不选择定制公交)的概率, $p$  的取值为  $[0,1]$ 。当  $p$  接近 0 或 1 时, $p$  值的微小变化用普通的方法难以发现和处理,故找到一个  $p$  的严格单调函数  $Q$  是关键,同时要求  $Q$  对在  $p=0$  或  $p=1$  附近的微小变化很敏感。先通过 Logit 将  $p$  变换成  $Q(-\infty \rightarrow +\infty)$ :

$$\text{Logit}(p) = Q = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad (1)$$

然后建立  $\text{logit}(p)$  与影响因素  $X$  之间的多元

线性回归模型:

$$\text{Logit}(p) = \ln \left[ \frac{p(Y=1/X)}{1-p(Y=1/X)} \right] = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n \quad (2)$$

式中:  $\beta_0, \beta_1, \cdots, \beta_n$  为待标定参数;  $X_1, X_2, \cdots, X_n$  为影响出行者由原来的出行方式(常规公交、BRT快速公交、私家车)向定制公交转移的因素。

最后利用二元 Logistic 回归模型得到不同出行方式的通勤人群向定制公交转移的概率模型:

$$p = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n}} \quad (3)$$

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n)}} \quad (4)$$

## 2 数据分析

### 2.1 调查数据采集

城市居民的通勤出行信息和选择定制公交出行的意愿是研究的数据来源。前期数据的收集整理采

用问卷调查的方式,根据调查数据分析乌鲁木齐市不同方式出行者对定制公交出行选择的意愿及特征。为此,2018年3—9月,在乌鲁木齐市各行政区通勤出行量较高的地方,针对通勤出行人员进行问卷调查,调查对象的出行方式包括常规公交、BRT快速公交、小汽车及包含自行车等在内的其他出行方式,调查范围涵盖天山区、沙依巴克区、水磨沟区、新市区、头屯河区、米东区6个行政区。共发放调查问卷1200份,回收1017份,剔除不满足要求的问卷后,得到有效问卷962份,其中愿意选择定制公交出行的530份。

### 2.2 模型变量的设置及标定

以乌鲁木齐市居民定制公交出行意愿(是否愿意乘坐定制公交)为因变量、影响出行者由原来的出行方式向定制公交转移的因素为自变量,利用二元 Logistic 模型进行转移概率回归分析。影响因素的分类和赋值见表1。

表1 自变量的分类和赋值

变量特性	特征变量	赋值
个体特性	性别	男=0,女=1
	职业	事业单位人员=1,企业单位人员=2,其他类型人员=3
	年龄	18~24岁=1,25~35岁=2,36~45岁=3,46~60岁=4
	月收入	3000元以下=1,3000~6000元=2,6000~9000元=3,9000元以上=4
	是否接送小孩	接送小孩=1,不接送小孩=0
出行特性	出行距离	0~5 km=1,5~10 km=2,10~15 km=3,15~20 km=4,20~25 m=5,25 m以上=6
	票价	4元=4,6元=6,8元=8,8元以上=10
定制公交特性	停车次数	2次=2,4次=4,6次=6,8次=8,8次以上=10
	是否有座	有座=1,无座=0

### 2.3 二元 Logistic 回归分析

根据式(4),通过 SPSS19.0 软件标定出行者选

择定制公交影响因素的偏回归系数及显著性水平,标定结果见表2。

表2 定制公交选择模型参数估计结果

影响因素	各出行方式向定制公交转移影响因素的偏回归系数			各出行方式向定制公交转移影响因素的显著性水平		
	常规公交	BRT 快速公交	私家车	常规公交	BRT 快速公交	私家车
出行距离	1.053	0.978	0.971	0.000	0.000	0.000
票价	-1.556	-1.351	—	0.000	0.000	—
停车次数	—	—	-1.155	—	—	0.000
是否有座	1.386	1.359	1.277	0.003	0.009	0.023
常量	3.188	3.192	-1.129	0.000	0.003	0.152

由表2可知:常规公交、BRT快速公交、小汽车出行方式向定制公交转移影响因素的显著性水平均小于0.05,且参数的符号正确,表明这些因素对定制

公交选择的影响显著。

### 2.4 模型评价

模型对于数据的拟合优度评价指标由  $R^2$  检

验、Hosmer-Lemeshow 检验和正确预测百分比构成,结果见表 3。

表 3 定制公交选择模型拟合优度评价

出行方式	Nagelkerke $R^2$ 检验	Hosmer- Lemeshow 检验	正确预测 百分率/%
常规公交	0.553	0.133	81.3
BRT 快速公交	0.518	0.707	80.5
私家车	0.533	0.165	82.4

由表 3 可知:Nagelkerke  $R^2$  检验值均大于 0.5,定制公交选择模型的拟合效果可接受; Hosmer-Lemeshow 检验值均大于 0.05,表示接受“观测数据和预测数据之间没有显著差异的零假设”,检验通过;正确预测百分率均在 80% 以上,定制公交选择模型的预测结果整体上较为满意。

2.5 结果分析

根据回归分析结果,不同出行者选择定制公交出行的影响因素有所不同,各出行方式向定制公交转移的影响因素见表 4。

表 4 各出行方式向定制公交转移的影响因素

出行方式	向定制公交转移的影响因素		
	第一影响因素	第二影响因素	第三影响因素
常规公交	票价	要求有座	出行距离
BRT	要求有座	票价	出行距离
小汽车	要求有座	停车次数	出行距离

由表 4 可知:要求有座始终占据各出行方式向定制公交转移影响因素的第一、二位,出行距离一直占据第三位,定制公交单程票价在第一、二因素中都有出现,停车次数在第二因素中出现 1 次,表明对各出行方式向定制公交转移影响最大的因素为要求有座、票价和出行距离。下面通过敏感度分析,研究各因素对居民选择定制公交出行的影响程度及方向。

(1) 票价对居民定制公交选择的影响。从表 2 来看,票价对居民选择定制公交有显著影响。对于常规公交和 BRT 快速公交出行者,票价因素的优度比分别为  $\exp(-1.556)=0.211$ 、 $\exp(-1.351)=0.259$ ,定制公交单程票价每增加一个级别(4、6、8 元及 8 元以上),常规公交及 BRT 快速公交出行者改选定制公交出行的概率就缩减为原来的 0.211、0.259 倍,选择定制公交出行的人数比例将减少。这是因为目前乌鲁木齐市选择常规公交及 BRT 快速公交出行的人员大多为月收入 3 000~6 000 元的工薪阶层,这些人要么收入较少,要么上有老下有小,

家庭开支较大,家庭可支配财产不充裕,他们更注重于定制公交的票价因素。

(2) 是否有座对居民定制公交选择的影响。根据表 2,是否有座对居民选择定制公交有显著影响。对于常规公交、BRT 快速公交和小汽车出行者,是否有座因素的优度比分别为  $\exp(1.386)=3.997$ 、 $\exp(1.359)=3.893$ 、 $\exp(1.277)=3.584$ ,要求有座的常规公交、BRT 快速公交和小汽车出行者改选定制公交出行的概率是不要求有座的 3.997、3.893、3.584 倍。这是因为如今生活节奏快,乘客上班劳累了一天需要休息,若回家路上搭乘的车上找不到座位,还得站着,简直是一种折磨。因此,“一人一座”的舒适环境会增大他们选择定制公交的概率。

(3) 出行距离(上班距离)对居民定制公交选择的影响。根据表 2,出行距离对居民选择定制公交影响显著。对于常规公交、BRT 快速公交、小汽车出行者,出行距离因素的优度比分别为  $\exp(1.053)=2.866$ 、 $\exp(0.978)=2.659$ 、 $\exp(0.971)=2.642$ ,出行距离每增加一个级别( $<5$ 、 $5\sim10$ 、 $10\sim15$ 、 $15\sim20$ 、 $20\sim25$ 、 $>25$  km),常规公交、BRT 快速公交及小汽车出行者改选定制公交出行的概率就增大为原来的 2.866、2.659、2.642 倍,选择定制公交出行的人数比例将增大。这是因为出行距离越远,定制公交与其他交通工具相比,票价的差别变小,也变得没那么重要,甚至在中长距离出行上定制公交的票价可以更优惠。因此,远距离的通勤出行需求会增大他们选择定制公交的概率。

(4) 停车次数对居民定制公交选择的影响。根据表 2,停车次数对居民选择定制公交出行有显著影响。对于私家车出行者,停车次数因素的优度比为  $\exp(-1.155)=0.315$ ,停车次数每增加一个级别(2、4、6、8 次及 8 次以上),小汽车出行者改选定制公交出行的概率就缩减为原来的 0.315 倍,选择定制公交出行的人数比例将减小。因此,在定制公交营运阶段应充分发挥自身优势,规划好运行线路,尽量减少中途停车次数,使其优势得到充分发挥。

3 结语

作为一种新型客运交通方式,定制公交在乌鲁木齐市刚刚起步,缺少对居民定制公交出行选择的理论研究。为引导定制公交系统的发展,该文对居民选择定制公交出行的影响因素进行回归分析,结  
(下转第 29 页)

表 3 浙江省各市区域道路交通安全综合评价结果

区域	综合评价结果		
杭州	(0.119	0.044	0.001)
绍兴	(0.231	0.142	0.011)
宁波	(0.148	0.115	0.006)
舟山	(0.224	0.042	0.004)
金华	(0.125	0.016	0.017)
丽水	(0.212	0.011	0.002)
温州	(0.212	0.022	0.013)
台州	(0.241	0.013	0.002)
衢州	(0.082	0.014	0.001)
湖州	(0.163	0.085	0.010)
嘉兴	(0.163	0.085	0.004)

4 结语

该文构建区域道路交通安全评价指标体系,基于云模型—模糊综合评判法进行区域道路交通安全评价。浙江省各市区域道路交通安全评价结果表明,该方法能对各市区域道路交通安全进行评价及排序,为科学决策提供依据。

参考文献:

[1] Victor Dobromirov, Stanislav Evtukov, Ekaterina Duncheva, et al. Methodology and results of the traffic safety evaluation

on the saint petersburg ring road[J]. Transportation Research Procedia, 2017, 20.

[2] Angelica Batrakova, Olga Gredasova. Influence of road conditions on traffic safety[J]. Procedia Engineering, 2016, 134.

[3] Athanasios Galanis, George Botzoris, Nikolaos Eliou. Pedestrian road safety in relation to urban road type and traffic flow[J]. Transportation Research Procedia, 2017, 24.

[4] 孙璐,游克思.城市道路交通安全评价研究综述[J].华东公路, 2015(1).

[5] 李相勇,田澎,蒋葛夫.道路交通安全综合评价的人工神经网络方法[J].西南交通大学学报, 2006, 41(4).

[6] 聂世刚,郭力玮.模糊层次分析法在道路交通安全评价的应用[J].黑龙江交通科技, 2018(10).

[7] 邱安邦.道路交通安全的影响因素与综合评价[D].南京:南京林业大学, 2008.

[8] 崔健.基于道路安全法的高速公路交通安全评价研究[D].西安:长安大学, 2017.

[9] 汪笃彪.道路交通安全评价综述[J].智能城市, 2017, 3(4).

[10] 刘舒燕.交通运输系统工程[M].第三版.北京:人民交通出版社, 2012.

[11] 马社强.区域道路交通安全评价的理论与方法[D].北京:北京交通大学, 2011.

收稿日期:2019-03-06

\*\*\*\*\*

(上接第 25 页)

果表明,票价、是否有座、出行距离及停车次数等因素对定制公交选择的影响显著,而性别、职业、年龄、收入及是否接送小孩等因素对定制公交选择的影响不显著。建设合理有效的定制公交运营服务系统,不仅可为城市居民提供完善的公共交通服务,还可提升公共交通系统整体运行能力和服务水平。研究结果对于乌鲁木齐市定制公交服务系统的建设和发展具有一定指导意义。

参考文献:

[1] 杨文婷,谭永峻,尤淑燕,等.乌鲁木齐市居民出行行为调查分析[J].新疆财经大学学报, 2012(2).

[2] 朱兴琳,艾力·斯木吐拉,艾尔肯·托呼提,等.乌鲁木齐市城市交通现状分析及对策研究[J].公路与汽运, 2012(5).

[3] 张欣环,刘小勇.乌鲁木齐市居民出行特征分析[J].新疆农业大学学报, 2008, 31(3).

[4] 努尔沙拉·巴得力汗,洪晓龙,艾力·斯木吐拉.乌鲁

木齐市老城区路边停车及收费问题思考[J].公路与汽运, 2018(2).

[5] 高鹏,张子秦.城市交通拥堵分析及对策研究[J].交通科技与经济, 2011(2).

[6] 张铭.乌鲁木齐市公共交通发展对策研究[J].交通与运输, 2016(2).

[7] 高续.成都市定制公交需求研究[D].成都:西南交通大学, 2016.

[8] 范文旭.基于城市缓堵的定制商务班车发展趋势研究[D].西安:长安大学, 2014.

[9] 张捷,刘一博.定制公交对减少碳排放的贡献[J].城市公共交通, 2016(2).

[10] 王济川,郭志刚. Logistic 回归模型:方法与应用[M].北京:高等教育出版社, 2001.

[11] 黄润龙.数据统计与分析技术[M].北京:高等教育出版社, 2004.

[12] 罗赞.城市公共自行车选择行为研究[D].西安:长安大学, 2013.

收稿日期:2019-03-06