

文章编号: 1005-0523(2022)05-0086-11



## 考虑心理变量的老年人错峰出行选择行为分析

张兵<sup>1</sup>, 余凤君<sup>1,4</sup>, 刘建荣<sup>2</sup>, 周珣<sup>3</sup>, 汪明杰<sup>3</sup>

(1. 华东交通大学交通运输工程学院, 江西 南昌 330013; 2. 华南理工大学土木与交通学院, 广东 广州 510640;  
3. 江西省综合交通运输发展研究中心, 江西 南昌 330036; 4. 江西省交通运输科学研究院有限公司, 江西 南昌 330200)

**摘要:**老年群体因身体素质以及出行时间约束强度有别于一般通勤者,其出行方式通常为公交或步行。利用验证性因素分析结合二元 Logit 模型,研究早高峰暂停公交优惠政策前后,老年人个人统计学属性以及老年群体对日常出行态度、在高峰时段乘坐公交的感受、对错峰出行的支持意愿等心理因素对老年人出行行为的影响,并利用潜在分类模型对老年群体进行分类分析。结果表明,在短距离出行中,老年人的各种心理因素均对老年人出行选择有显著影响;在高峰时段公交出行中,老年群体的选择会受到公交优惠政策变化和群体对于错峰出行支持度的影响;通过潜分类模型计算发现老年群体中出行目的性强,对于高峰公交出行、错峰出行感受较为敏感的老年群体所占比例较低。

**关键词:**城市交通;出行选择行为;Logit 模型;老年人;心理变量;潜分类模型

中图分类号:U121

文献标志码:A

**本文引用格式:**张兵,余凤君,刘建荣,等.考虑心理变量的老年人错峰出行选择行为分析[J].华东交通大学学报,2022,39(5):86-96.

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.20220914.006

## Analysis on the Choice Behavior of the Elderly Off-Peak Travel Considering Psychological Factors

Zhang Bing<sup>1</sup>, Yu Fengjun<sup>1,4</sup>, Liu Jianrong<sup>2</sup>, Zhou Xun<sup>3</sup>, Wang Mingjie<sup>3</sup>

(1. School of Transportation Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;  
2. School of Civil Engineering & Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;  
3. Comprehensive Transportation Development Research Center of Jiangxi Province, Nanchang 330036, China;  
4. Jiangxi Transportation Institute Co., Ltd. Nanchang 330200, China)

**Abstract:**Due to physical fitness and travel time different from commuters, the elderly usually travel by bus or on foot. Using the confirmatory factor analysis and binary Logit model, studying the influences of the elderly's personal statistical attributes and psychological factors on the travel behavior, such as their attitude towards daily travel, their feelings about taking buses at peak times, and their travel intention to avoid rush hours before and after the preferential policy of suspending public transport at morning peak hours, the latent classification model was used to classify and analyze the elderly groups. The results show that all kinds of psychological factors have significant influence on elderly's short-distance trips. The bus preferential policy and the group's support for off-peak travel have a significant impact on the elderly's choice. The latent classification model shows that the survey objects have necessary travel purpose, and the proportion of elderly groups who are sensitive to bus travel and off-peak travel is low.

收稿日期:2022-01-21

基金项目:国家自然科学基金(52162042,71961006);江西省教育厅一般课题(GJJ190331)

**Key words:** urban traffic; behavior of travel choice; Logit model; the elderly; psychological factor; latent class-model

**Citation format:** ZHANG B, YU F J, LIU J R, et al. Analysis on the choice behavior of the elderly off-peak travel considering psychological factors[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2022, 39(5): 86-96.

根据江西省第七次人口普查数据,南昌市60岁以上的人口占比达到14.97%,相较于“六普”数据上升3.34个百分点<sup>[1]</sup>。南昌市老城区老年人口较多且公交线路较为密集,现行老年人公交优惠政策为“限制次数,全天免费”,该政策在一定程度上减少了老年人无谓出行的次数,但老年人的乘车时间仍与早高峰重叠,拥挤的车厢环境对老年人乘车安全易产生不良影响。因此,针对日常活动时间相对充足、时间约束性弱的老年群体是否愿意错峰乘坐公交展开调查研究,从老年人日常出行行为、对错峰出行的态度等角度,分析暂停早高峰时段现行公交优惠政策后对老年人行为的影响,对研究老年人出行需求和合理制定交通政策有积极意义。

早在10年前,包俊君<sup>[2]</sup>就曾发出“公交早高峰,老年人该不该回避”的讨论,通过采访年轻群体和老年群体,发现双方均渴望找到一种平衡的方法缓解双方的公共交通出行矛盾。国外学者发现通过调整完善老年群体的乘车优惠,有助于构建一个对老年人友好,出行效率更高的交通环境<sup>[3]</sup>; Tom Rye等<sup>[4]</sup>通过调查发现家境不宽裕的老年人群在公共交通免费后出行次数增加约30%; Roger Mackett<sup>[5]</sup>发现使用公共交通频率较高的老年人出行目的多为日常购物,且公交优惠之后该类出行目的的乘车人数上升54%; Bueher<sup>[6]</sup>通过比较德、美两国老龄化进程,发现公共交通优惠政策对两国老年人公交出行产生正影响。而在老年人错峰意愿研究中,国内学者采用数学方法研究是在近十年开始的,李丹洋<sup>[7]</sup>对北京南磨房老年群体进行调查,发现老年群体中需要接送小孩且出行时间固定的人群错峰意愿较低,且老年人普遍感觉在高峰乘坐公交车舒适度较低,因此在考虑老年群体出行舒适度的前提下提出宏观的错峰政策意见。严敏琳等<sup>[8]</sup>通过对福州地区老年人的错峰出行选择进行调查,假设3类错峰优惠措施,利用二元Logistic模型分析得出不同年龄、职业对不同优惠政策均有不同的选择意愿;姚恩建

等<sup>[9]</sup>构建多场景下(多类出行目的、多种优惠措施)的老年人出行方式选择模型,预测不同出行方式分担率变化。在老年人出行态度研究中,韩艳等<sup>[10]</sup>利用海德平衡理论,构建老年人公交出行的“P-O-X”三角平衡模型,发现公交系统服务水平的改变及同车的其他群体对老年群体的宽容会影响老年人的公共交通出发时刻,将老年群体对于错峰意愿不平衡状态转化为平衡状态。

综上所述,已有研究通常着力于老年人个体特征、出行特征、环境影响等因素来探索了解老年人错峰意愿,较少考虑老年群体心理因素<sup>[11]</sup>等潜变量影响。在策略层面上,错峰问题通常寄托于政府公交政策调控,如有限额补贴、高峰时段津贴式补贴、分年龄免费等,以上政策均是基于不同年龄段、不同出行目的、时长等老年群体在不同政策下的出行方式转变,较少研究老年群体对于政策调控的支持意愿及个体异质性对于出行方式选择的影响。

## 1 问卷设计及数据调查

### 1.1 调查区域及样本选取

本次调查地点选取在南昌市老城区的公园广场、大型医院及中小学附近,调查时段为早高峰前后,共发放240份问卷,经筛选后回收210份,有效率达87.5%。参考国内外老人出行问题影响因素调查结果<sup>[12-17]</sup>,问卷内容包括:①老年人个体统计学特征(性别、年龄、退休金等)和日常出行特征(每日使用公交次数、出行时刻和出行时间);②老年人对于日常出行的态度,在高峰乘坐公交的感受,对错峰出行的支持度等心理属性描述。

统计结果显示,老年人日常出行方式主要集中在步行和公交,拥有老年公交优惠卡的人口比例达到74.49%,少部分选择公交的老年群体同样会选择地铁出行;老年人的日常出行目的主要为生活购物、休闲健身、探亲访友等。在出行时刻方面,早晨7:00—9:00出行的老年群体占总体出行时刻分布

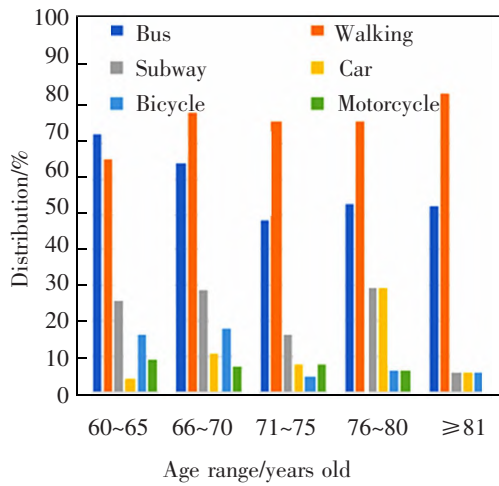


图 1 不同年龄段的老年群体出行方式划分  
Fig.1 Different age groups of the elderly group travel mode division

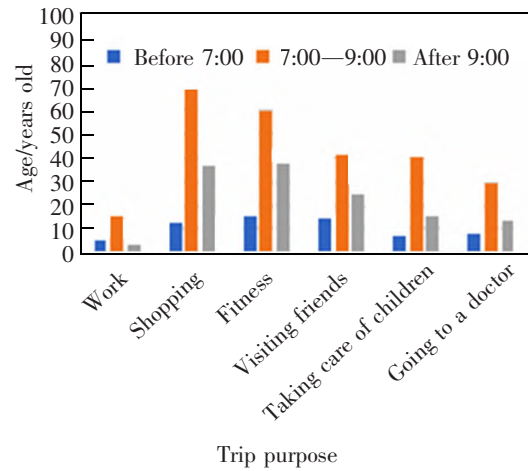


图 2 不同出行时间段的老年群体出行目的分布  
Fig.2 The distribution of the purpose of travel for the elderly in different travel time periods

的 56.12%；在出行时长分布方面，老年人的出行时长通常集中在中长距离(10~30 min)的出行。

图 1 反映出所有年龄段的老年群体在出行方式选择上会绝对性地偏向步行和公交，且随着年龄的增长和身体素质的降低，此趋势越明显。图 2 剖析了选择公交出行的老年群体出行目的结构分布，在 7:00—9:00，不同出行目的的老年人选择公交出行的频数均大于其他时段，且以生活购物、休闲健身的老年人人居多。由此说明，现行政策下老年人早高峰无谓出行现象显著，长此以往不仅易引发老年群体公交出行安全问题，还会影响所有峰出行群体的出行感受。

1.2 错峰意愿调查分析

为研究公交优惠与老年人出行时刻之间的联

系，并探究老年人是否会因高峰时段无优惠政策而转移出行时刻的行为变化，问卷内容增加陈述性偏好实验，研究老年人在假设的新乘车政策“高峰时段全票乘车，其余时段免费乘车”下，群体在 3 种情境下的选择变化，如表 1 所示设置问题。

由表 2 结果可知，从出行目的来看，“新政策”实施之后，休闲健身、探亲访友等出行目的的老年人使用公交频率均降低；从出行时刻来看，“新政策”实施之后在高峰时段使用公交出行的人群显著降低了 13.2%，一些老年人将出行时刻延后至 9:00；从出行时长来看，“新政策”实施之后，中长距离(10~30 min)的公交出行人群在高峰时段转移交通方式的可能性最大。

表 1 在“高峰时段全票乘车，其余时段免费乘车”政策实施前后的出行行为问题  
Tab.1 Elderly’s travel behavior before and after the implementation of the policy

Question	The problem items
1	Before the implementation of the policy, whether to travel 1 km distance by foot; after the implementation of the policy, whether to travel 1 km distance by foot.
2	Before the implementation of the policy, whether to use public transportation for the 3 km distance; after the implementation of the policy, whether to use public transportation for the 3 km distance.
3	Before the implementation of the policy, whether use the bus on the morning rush hour(7:00—9:00) frequently; after the implementation of the policy, whether use the bus on the morning rush hour(7:00—9:00) frequently.

表 2 老年人对于“高峰时段全票乘车,其余时段免费乘车”政策实施前后的公交出行变化  
Tab.2 Elderly's changes in public transportation before and after the implementation of the policy %

Travel factor		Before	After	Travel factor		Before	After
Travel purpose	Working	2.83	3.15	Time point	Before 7:00	11.7	7.1
	Shopping	11.31	11.54		7:00—9:00	36.2	23
	Fitness	12.06	11.8		After 9:00	7.7	9.7
	Visiting friends	9.05	9.01	Travel time/ min	<10	4.1	4.1
	Taking care of children	8.67	8.13		10~20	24.5	16.3
	Going to a doctor	5.84	4.98		20~30	20.4	14.3
	Else	1.13	1.05		30~60	5.6	4.6
					>60	1	0.5

## 2 老年人出行行为选择分析

### 2.1 老年人出行选择行为模型

本文采用二元 Logit 模型对不同情境下的老年人出行行为方案进行筛选和分析,本模型根据随机效用理论,依托两个假设条件,一是假设老年人个人意识正常,二是所作选择效用是最大化的。老年群体会在“新政策”实施前后、不同出行距离的情况下产生不同的方案选择效用。老年群体对不同的方案选择,其效用值可以表示为

$$U_{mid(t)} = V_{mid(t)} + \varepsilon_{mid(t)} \quad (1)$$

式中: $U_{mid(t)}$ 为“新政策”实施前后老年人  $m$  选择出行方案的效用; $V_{mid(t)}$ 为“新政策”实施前后老年人  $m$  选择出行方案  $i$  的效用函数的固定项; $\varepsilon_{mid(t)}$ 为效用随机项。

$U_{mid(t)}$ 与群体个人属性、出行特征因素相关之外,还与决策者对相关事件的心理感知、态度评价息息相关。如曾有研究者<sup>[18]</sup>发现行人过街使用手机的行为受到行为意向和知觉行为控制的显著影响,组织部门可通过营造居民出行安全氛围,有效降低不安全行为的发生;乘坐公交车<sup>[19]</sup>时的站立条件、换乘时间会对出行者心理上造成时间上的相对错位,不好的乘车条件会让人觉得乘车时间延长从而选择更换交通方式。各类研究都表明,出行者会因个人对事件的心理感知程度不同做出不同的决策,通常心理感知变量常用多个具体的问题项来表征。

本文研究老年人对日常出行的态度  $L_{sport}$ ,在高峰乘车时的感受  $L_{uncomfort}$  以及对错峰出行的支持度  $L_{off-peak}$  3 个心理态度方面的出行感知变量的影响,为

了更好地分析不可直接测量的  $L_{sport}, L_{uncomfort}, L_{off-peak}$ , 参考文献[20]确定多个表征潜变量的显示变量,各显示变量用 5 级李克特表进行衡量,1 表示“非常不赞同”,5 表示“非常赞同”。

表 3 CFA 指标结果  
Tab.3 Fitness of CFA

Indicators	Standard	Parameters
RMSEA	≤0.080	0.049
SRMR	<0.080	0.030
CFI	≥0.900	0.969

使用验证性因素分析(confirmative factor analysis, CFA)对显示变量进行拟合分析,剔除严重偏差以及影响不收敛的测量项后,求解出潜在变量,潜在变量模型的拟合度指标主要有 RMSEA, CFI, SRMR 等<sup>[21]</sup>。

模型中潜在变量与显示变量的因果关系如表 4 所示。显变量与潜变量之间的数值均显著(值都小于 0.05),且标准载荷系数数值大于 0.6,这表明显示变量与潜在变量有着较强的相关关系。

本文使用 Logit 模型研究老年人的出行行为,考虑高峰出行时的各种心理因素、暂停高峰时期公交优惠政策等因素对老年人出行行为的影响,将出行者的效用函数表征为

$$U=c+d_{policy}+\delta^T Z+\gamma^T L+\varepsilon \quad (2)$$

式中: $U$ 为总效用; $d_{policy}$ 为虚拟变量,表示是否在实施“新政策”阶段,取值为 1 表示处于政策实施之后,取值为 0 表示处于政策实施之前; $Z$ 为个人统计



表4 潜变量与显示变量的因果关系  
Tab.4 The relationship between latent variables and manifest variables

Latent variables	Explicit variable	Std.Error	Z(CR)	p	Std.Estimate
Attitude towards daily travel ( $L_{sport}$ )	I like to take part in all kinds of outdoor sports and don't like to stay at home	0.097	9.92	0.000	0.686
	I have to travel for drop-off, daily shopping, etc.	0.100	9.34	0.000	0.669
	I think the elderly have the freedom to travel, but also agree that there will be some travel conflicts with the young people in the peak hours	0.063	10.92	0.000	0.692
The feeling of bus service on peak travel ( $L_{uncomfort}$ )	I think the elderly have the freedom to travel, but also agree that there will be some travel conflicts with the young people in the peak hours	0.055	12.07	0.000	0.667
	I think the traffic is not orderly during the rush hour, which delays the journey time	0.055	12.39	0.000	0.681
	I don't think buses are smooth and safe during rush hours	0.054	13.14	0.000	0.702
Support degree of right and wrong peak travel ( $L_{eff-peak}$ )	I try to avoid travelling during rush hours	0.077	10.08	0.000	0.778
	I choose to travel by bus at other times	0.076	9.94	0.000	0.754
	I choose to walk or ride an electric bike or bike during peak hours	0.075	7.93	0.000	0.607

学特征向量; $L$ 为心理因素向量; $\delta, \gamma$ 为未知参数向量; $\varepsilon$ 为误差项。

根据本文效用函数构成,考虑到研究内容主要针对老年群体的出行选择进行分析,在个人统计学

特征及出行特征调查部分,合并部分选项并设置哑变量,表5中 $Z$ 表示为个人属性及出行属性, $Y$ 为是否选择公交出行的结果。

本文研究框架如图3所示。

表5 模型哑变量设置  
Tab.5 The model of dummy variable settings

Variable properties	Feature attribute	Assignment
Z: Personal attributes and daily travel variables	Gender	0: Male; 1: Female
	Age/years old	0: 55~60; 1: 61~65; 2: 66~70; 3: 71~75; 4: 76~80; 5: >81
	Monthly income/yuan	0: <500; 1: 500 ~1 000 2: 1 000 ~2 000; 3: 2 000 ~3 000; 4: >3 000
	Have a job	0: Retired; 1: There is a job
	Whether there is a senior bus discount card	0: Yes; 1: No
	Whether the main mode of transportation is bus	0: Else; 1: Bus
	Whether the purpose of the trip is necessary	0: Recreational travel; 1: Necessity travel
	Factors of concern in the process of travel	0: Soft services (travel comfort, travel smoothness, etc.); 1: Hard service (waiting time, walking time, etc.)
	Daily use of public transport/times	0: ≤1; 1: 2~4; 2: >4
	Is the departure time between seven and nine	0: Other moment; 1: From seven to nine
$d_{policy}$	The travel time/min	0: <10; 1: 10~20; 2: 20~30; 3: 30~40; 4: >40
	Whether the implementation of the "suspension of bus preferential policy during peak hours" phase	0: No; 1: Yes
$Y$	Whether you choose bus	0: No; 1: Yes

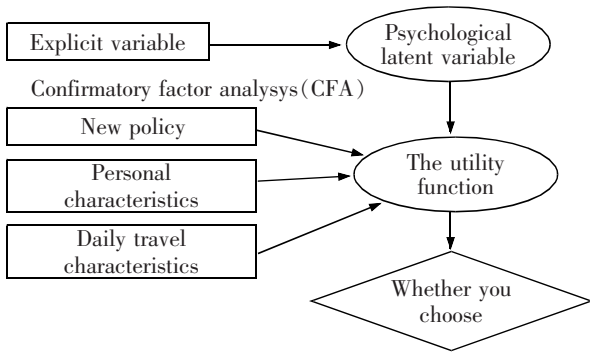


图 3 研究框架  
Fig.3 Research framework

### 2.2 老年人潜分类模型

假定老年人的选择行为基于个人属性以及潜在的异质性<sup>[22]</sup>,针对分析“高峰时段暂停公交优惠政策前后老年群体是否选择公交”这一行为,老年人可划分为某些特定的潜在分类,该分类由解释变量( $d_{policy}$ )及隶属函数变量(老年人个人属性  $Z$  及潜在态度  $L$ )所决定。潜在类别 Logit 模型假定在高峰时段是否选择公交出行的老年群体可以分为固定的  $C$  类,属于分类  $c(c=1,2,\dots,C)$  的老年人  $n$  选择在高峰时段乘坐公交的效用是:

$$V_{1lc}^n = \sum_{m=1}^M \beta'_{mlc} X_m^n + \alpha'_{1lc} \quad (3)$$

式中: $X_m^n$ 为选择乘坐公交属性,由于本次二元 Logit 模型的选择为是否选择公交,因此在出行方式属性中只有一个变量  $d_{policy}$ ,  $m=1$ (解释为当  $d_{policy}=0$ ,选择高峰时段乘坐公交车票为 0 元; $d_{policy}=1$ ,选择高峰时段乘坐公交车票为全价 2 元), $\beta'_{mlc}$ 为分类  $c$  的未知参数; $\alpha'_{1lc}$ 为分类为  $c$  的选择乘坐公交常数项。在潜分类模型中,方案  $i(i=1,2$  分别表示选择公交出行和不选择公交出行)被老年人选择的概率为

$$P^n(i) = \sum_c P^n(ilm) H^n(c) \quad (4)$$

在分类  $c$  中, $P^n(ilm)$ 为属于分类  $c$  的出行者  $n$  选择方案  $i$  的概率, $H^n(c)$ 为出行者  $n$  属于分类  $c$  的概率。

$$H^n(c) = \frac{\exp\left(\sum_{a=1}^A \omega'_{alc} Z_a^n + \sum_{b=1}^B v'_{blc} L_b^n + a'_c\right)}{\sum_{c'} \exp\left(\sum_{a=1}^A \omega'_{alc} Z_a^n + \sum_{b=1}^B v'_{blc} L_b^n + a'_c\right)} \quad (5)$$

式(5)中, $Z_a^n$ 为个人社会属性( $a=1,2,\dots,A$ 代表老年人年龄、工资等  $A$  个属性); $L_b^n$ 为老年人心理潜在态度( $b=1,2,\dots,B$ 代表老年人对待日常出行、高峰公交出行、错峰出行支持度等  $B$  个潜在变量); $\omega'_{alc}, v'_{blc}$ 为分类为  $c$  的未知参数; $a'_c$ 为常数项。

## 3 出行行为分析

### 3.1 短距离出行行为

根据调查数据,老年人在短距离( $<1$  km)出行中,步行是主要的出行方式,现研究 1 km 距离出行是否使用步行方式的相关影响因素,包含心理潜变量的 Logit 回归结果如表 6 所示。

表 6 1 km 出行是否使用步行的结果分析

Tab.6 Result of walking choice when distance is 1 km

Variables	Coefficient	Std.Error	Z	$p > Z$	Odds ratio
$Z_{female}$	-0.210	0.273	-0.770	0.441	0.810
$Z_{age}$	0.080	0.086	0.920	0.356	1.083
$Z_{wage}$	0.041	0.103	0.390	0.694	1.041
$Z_{retire}$	0.639**	0.304	2.100	0.035	1.895
$Z_{method}$	-0.403	0.301	-1.340	0.180	0.668
$Z_{purpose}$	0.191	0.266	0.720	0.473	1.211
$Z_{care}$	-0.215	0.357	-0.600	0.548	0.807
$Z_{card}$	-0.173	0.342	-0.500	0.614	0.842
$Z_{times}$	-0.160	0.204	-0.790	0.432	0.852
$Z_{junction}$	-0.168	0.201	-0.840	0.402	0.845
$Z_{hour}$	0.271**	0.133	2.030	0.042	1.311
$d_{policy}$	0.059	0.243	0.240	0.808	1.061
$L_{sport}$	2.420***	0.694	3.490	0.000	11.247
$L_{uncomfort}$	0.967***	0.370	2.610	0.009	2.629
$L_{off-peak}$	0.740***	0.266	2.790	0.005	2.096
$c$	0.773	0.676	1.140	0.253	2.166

Note: \* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ .

在 95%置信水平下,有  $Z_{retire}, Z_{hour}, L_{sport}, L_{uncomfort}, L_{off-peak}$  是显著的,即短距离出行中,老年群体对于是否选择步行方式与是否退休、出行时长、对于日常出行的态度、对于高峰出行的态度和对于错峰出行的支持度有关。 $Z_{retire}$  显著,系数 0.639 大于 0,几率比

为 1.895, 大于 1, 这表明在短距离出行中工作的老年人选择步行的概率比退休老年人选择步行高出 11%。 $L_{sport}$  系数为 2.42, 表明老年人对于日常出行态度对老年人短距离出行有显著正影响,  $L_{sport}$  每增加一个单位, 老年人在短距离出行中选择步行的几率会显著提高;  $L_{uncomfort}$  系数为 0.967, 表明老年人对于高峰乘坐公交的不舒适感知每增加一个单位, 老年人群体在短距离采用步行的概率就增加 16.6%;  $L_{off-peak}$  系数为 0.74 大于 0, 表明老年人对于错峰出行的支持度对老年人短距离出行有显著正影响,  $L_{off-peak}$  每增加一个单位, 老年群体在短距离出行采取步行的概率增加 12.7%。

3.2 中长距离公交选择行为

在 90% 置信水平下, 有  $Z_{wage}$ ,  $Z_{method}$ ,  $Z_{hour}$  是显著

的, 即在中长距离出行中, 老年群体是否会选择公交与月收入、出行方式是否为公交和出行时长有关。 $Z_{wage}$  系数为 -0.172, 几率比为 0.842, 即随着老年人月收入增加一个单位, 老年人在中长距离出行中选择公交出行的比例就减少 15.8%;  $Z_{method}$  系数为 0.934, 表明日常主要出行方式是否为公交对中长距离是否选择公交有显著正影响, 在中长距离出行中, 日常主要出行方式为公交的老年群体选择公交的几率比是日常主要出行方式为其他方式的老年群体选择公交的 2.54 倍;  $Z_{hour}$  系数 0.383 大于 0, 几率比为 1.467, 表明随着出行时间的增加, 老年群体在中长距离倾向于使用公交, 出行时长每增加 10 分钟, 选择公交的概率增加 7.3%, 见表 7。

表 7 3 km 出行是否使用公交的结果分析  
Tab.7 Result of traveling by bus when distance is 3 km

Variables	Coefficient	Std.Error	Z	p>Z	Odds ratio
$Z_{female}$	-0.056	0.252	-0.220	0.824	0.946
$Z_{age}$	-0.025	0.078	-0.320	0.749	0.975
$Z_{wage}$	-0.172*	0.101	-1.700	0.089	0.842
$Z_{retire}$	0.037	0.311	0.120	0.905	1.038
$Z_{method}$	0.934***	0.261	3.580	0.000	2.545
$Z_{purpose}$	0.071	0.247	0.290	0.774	1.074
$Z_{care}$	-0.468	0.349	-1.340	0.180	0.626
$Z_{card}$	-0.297	0.318	-0.930	0.351	0.743
$Z_{times}$	-0.150	0.195	-0.770	0.439	0.860
$Z_{junction}$	-0.182	0.187	-0.970	0.330	0.834
$Z_{hour}$	0.383***	0.121	3.150	0.002	1.467
$d_{policy}$	-0.239	0.231	-1.040	0.301	0.787
$L_{sport}$	-0.385	0.596	-0.650	0.518	0.680
$L_{uncomfort}$	0.377	0.314	1.200	0.229	1.459
$L_{off-peak}$	0.200	0.232	0.860	0.388	1.221
C	0.955	0.634	1.510	0.132	2.598

Note: \* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ .

表 8 高峰时段是否使用公交的结果分析  
Tab.8 Choice of the elderly traveling by bus frequently when travel time is peak time

Variables	Coefficient	Std.Error	Z	p > Z	Odds ratio
Z <sub>female</sub>	-0.373	0.240	-1.550	0.120	0.689
Z <sub>age</sub>	-0.181**	0.075	-2.400	0.016	0.835
Z <sub>wage</sub>	0.001	0.095	0.010	0.989	1.001
Z <sub>retire</sub>	-0.191	0.297	-0.640	0.521	0.826
Z <sub>method</sub>	0.308	0.261	1.180	0.238	1.361
Z <sub>purpose</sub>	0.493**	0.243	2.030	0.043	1.637
Z <sub>care</sub>	0.576	0.302	1.900	0.057	1.778
Z <sub>card</sub>	-0.360	0.315	-1.140	0.253	0.698
Z <sub>times</sub>	0.519***	0.187	2.770	0.006	1.680
Z <sub>junction</sub>	-0.473***	0.177	-2.680	0.007	0.623
Z <sub>hour</sub>	-0.194	0.119	-1.630	0.103	0.824
d <sub>policy</sub>	-0.734***	0.221	-3.320	0.001	0.480
L <sub>sport</sub>	0.236	0.586	0.400	0.687	1.267
L <sub>uncomfort</sub>	0.024	0.308	0.080	0.938	1.024
L <sub>off-peak</sub>	-0.513**	0.226	-2.270	0.023	0.599
C	0.609	0.597	1.020	0.307	1.839

Note: \*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.01.

### 3.3 高峰时期公交选择行为

在 95%置信水平下,有 Z<sub>age</sub>, Z<sub>purpose</sub>, Z<sub>times</sub>, Z<sub>junction</sub>, d<sub>policy</sub>, L<sub>off-peak</sub> 是显著的。d<sub>policy</sub> 系数为-0.734 小于 0, 几率比 0.48 小于 1, 这表明与暂停高峰优惠政策实施前(现状)相比,在高峰时间段暂停老年人的公交乘车优惠后老年人使用公交的频率显著降低,使用公交的比例仅为政策实施前的 48%。Z<sub>age</sub> 的系数为-0.181 小于 0, 表明随着年龄的增加,高峰时期乘坐公交的老年人比例在不断下降,年龄增加一个单位,老年群体选择在高峰时段乘坐公交的概率下降 3.8%。在出行特征中 Z<sub>purpose</sub> 系数为 0.493 大于 0, 说明出行目的为刚性需求(日常需要外出工作、接送小孩、看病就医等等)的老年群体相对于外出休闲娱乐的老年群体在高峰时段使用公交的概率要高。心理因素方面, L<sub>off-peak</sub> 系数-0.513 小于 0, 几率比为 0.599, 表明老年人对错峰出行的支持度对高峰时段选择公交出行有显著负影响, L<sub>off-peak</sub> 增加 1 个单位, 老年群体在高峰时期使用公交的几率比就减少 40.1%, 见表 8。

### 3.4 潜分类模型的估计

潜分类模型由于样本老年群体的类别总数 C

最初未知, 因此需要对其分类数进行确定, 合适的分类组数通过对不同分类数的模型进行估计, 比较其统计量所得出。根据文献[23]计算 CAIC, BIC 值, 根据计算结果选择相对较小的 CAIC 和 BIC 值和较大的 LL 值。

CAIC 和 BIC 的计算公式如下

$$\begin{cases} CAIC = -2\ln L + m \ln N \\ BIC = -2\ln L + m(1 + \ln N) \end{cases} \quad (6)$$

式中: L 为最大样本 Log 似然值; m 为模型的参数个数。

最优的潜分类二项 Logit 模型的估计结果如表 9 所示。

表 9 潜分类二项 Logit 模型拟合优度测量  
Tab.9 Goodness-of-fit measurement of binomial Logit model for latent classification

Class	LLF	CAIC	BIC
2	-35.699 1	86.827 67	83.827 67
3	-35.699 1	97.113 94	92.113 94
4	-35.699 1	107.400 2	100.400 2
5	-35.699 1	117.686 5	108.686 5



由上表知,老年群体被分为2类时,CAIC和BIC参数值最小,因此老年群体被分为2类为最优。同时为定量分析分类模型是否能够很好区分每个样本点,分析每个样本点的2个概率值的最大值,得到均值为0.844,接近1,表明模型能够很好区分每个样本点<sup>[24]</sup>。

如表10所示,将Class2的各个系数设置为0,以供模型识别所需。以Class2为对比估计各变量的符号和参数值大小,可以得出在高峰时期公交选择时每个老年出行群体因其出行偏好不同及该群体的个人属性及潜在心理态度的影响,老年群体可被细化分为不同的类别。

表10 分2类潜分类模型估计结果  
Tab.10 Estimation results of latent classification model in 2 categories

Class	Variable	Coefficient	Z	P	Results of class/%
Class1	$d_{policy}$	-0.721***	-3.3	0.001	26.46
	$Z_{female}$	0.155	0.570	0.565	
	$Z_{age}$	0.251	1.000	0.320	
	$Z_{wage}$	1.109***	3.190	0.001	
	$Z_{retire}$	-0.812**	-2.040	0.041	
	$Z_{method}$	-0.943***	-2.860	0.004	
	$Z_{purpose}$	0.614**	2.170	0.030	
	$Z_{care}$	3.108***	3.890	0.000	
	$Z_{card}$	3.338	1.040	0.296	
	$Z_{times}$	-1.113***	-3.480	0.000	
	$Z_{junction}$	1.889***	5.260	0.000	
	$Z_{hour}$	1.338***	4.120	0.000	
	$L_{spot}$	-0.413***	-13.21	0.000	
$L_{uncomfort}$	-0.543***	-10.8	0.000		
$L_{off-peak}$	-0.601***	-10	0.000		
Class2	$d_{policy}$	-0.314	-1.26	0.032	73.54

Note: \* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ .

由表10可知,在出行方式属性上, $d_{policy}$ 对老年群体分类有显著影响,Class1的老年人在暂停高峰时段公交优惠之后,会考虑是否还有必要在高峰时段乘坐公交,而公交收费对于Class2的出行者影响不显著。当出行者出行目的越偏向于刚需出行,在意的出行条件越发偏向于等待时间、步行时长等约束性较强的要求,这类老年人倾向于成为Class1;并且随着出行者对于高峰时期乘坐公交车的不舒适感、对于错峰出行的支持度的提升,出行者也更倾向于成为Class1。由此可以推断,该类老年群体属于“必要通勤”型老年群体,此类老年人保留着与工作群体类似的出行习惯:出行的目的性较强,主要是为了接送小孩、看病就医等等,出行过程更在意需要的等待时间、步行时长等硬性条件;其次可以看

出该类老年群体的原则性较强,与通勤群体有一定的共情性,当其对错峰出行的支持度增加,在高峰时选择乘坐公交的概率就越低。基于目前的分类结果,属于Class1的老年人数偏低,说明大多出行的老年人属于“休闲”型,外出的时间、目的约束性均较低,且对于高峰公交出行的不舒适性和错峰公交出行的支持度不够敏感。

#### 4 结论

1) 在短距离出行中,日常喜欢外出的老年人通常对身体状况的感知良好,且对于短距离出行,老年群体通常不会牺牲个人出行舒适度而选择争抢公交资源。

2) 在中长距离出行中,老年人的出行时长越长

或老年群体的主要出行方式为公交时,老年群体受到优惠政策或者出行感受等影响较小,会保持原有出行选择。

3) 暂停高峰时段的公交优惠和老年群体对于错峰出行的支持度会显著影响该群体在高峰时段使用公交的可能性。部分老年人在高峰时段不必要选择公交出行,可采取其他交通方式。

4) 老年群体的出行选择行为与个体异质性、乘车感受有关,当老年群体对于乘车环境、错峰出行意义不够敏感时,老年群体通常会坚持原有的出行方式。

综上所述,在早高峰期间老年人“无谓出行”的现象时有发生,且目前支持错峰公交出行的老年人数量不多,在必要公交出行时老年群体对于身体状况和乘车舒适度的感知往往会被置后,而改变公交优惠政策对于制约老年人无谓公交出行行为有一定的积极影响。因此之后的研究可以基于调节现有公交优惠政策,并考虑老年群体在高峰出行时的感受,研究老年群体在不同优惠政策、不同乘车环境中的错峰出行选择行为。

#### 参考文献:

- [1] 南昌市统计局. 南昌市第七次全国人口普查主要数据情况[EB/OL]. (2021-06-02)[2021-06-28]. <http://www.nc.gov.cn/ncszf/tjgb/202106/b2518d385eda494aa1d8c9467c5ae11b.shtml>.
- [2] 包俊君. 公交早高峰,老年人该不该回避[J]. 人民公交, 2010(8):42-43.  
BAO J J. In the early peak hours of the bus, whether the elderly need to avoid, 2010(8):42-43.
- [3] ZHANG Y S, YAO E J, ZHANG R, et al. Analysis of elderly people's travel behaviors during the morning peak hours in the context of the free bus program in Beijing, China[J]. Journal of Transport Geography, 2019, 76: 191-199.
- [4] TOM R, WILLIAM M. Concessionary bus fares for older people in Scotland—are they achieving their objectives[J]. Journal of Transportation Geography, 2009, 17(6): 451-456.
- [5] ROGER M. Has the policy of concessionary bus travel for older people in Britain been successful[J]. Case Studies on Transport Policy, 2014, 2(2): 81-88.
- [6] BUEHLER R, NOBIS C. Travel behavior in aging societies comparison of germany and the united states[J]. Transportation Research Record, 2010(2182): 62-70.
- [7] 李丹洋, 郝思源, 王文政, 等. 基于 Logit 模型的老年人错峰意愿的选择行为分析[J]. 中国科技信息, 2013(10): 203-204.  
LI D Y, HAO S Y, WANG W Z, et al. Analysis of selection behavior of elderly willingness based on logit model[J]. China Science and Technology Information, 2013(10): 203-204.
- [8] 严敏琳, 陈燕琴. 老龄化视阈下老年人错峰出行选择行为分析[J]. 沈阳工程学院学报(社会科学版), 2020, 16(4): 18-23.  
YAN MingLin, CHEN Yanqin. Behavioural Analysis on Elderly Off-peak Travel Choosing from the Perspective of Aging[J]. Journal of Shenyang Institute of Engineering(Social Sciences), 2020, 16(4): 18-23.
- [9] 姚恩建, 闫峥, 郇宁. 考虑老年人出行行为的公交票价补贴政策研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2019, 19(6): 13-19.  
YAO E J, YAN Z, HUAN N. Evaluation on subsidy policy of public transport ticket considering elderly travel behavior [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2019, 19(6): 13-19.
- [10] 韩艳, 关宏志, 李丹洋. 基于海德平衡理论的老年人出行态度转变分析[J]. 北京工业大学学报, 2015, 41(6): 906-911.  
HAN Y, GUAN H Z, LI D Y. Analysis of trip attitude adjustment of public transit of the elderly based on heider's balance theory[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2015, 41(6): 906-911.
- [11] 严海, 金瑞欣, 李涛. 基于知识图谱的老年人出行行为特征研究进展[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2021, 41(4): 101-114.  
YAN H, JIN R X, LI T. Research progress of travel behavior characteristics of elderly people base on knowledge graph[J]. Journal of Chang'an University(Natural Science Edition), 2021, 41(4): 101-114.
- [12] 夏晓敬, 关宏志. 北京市老年人出行调查与分析[J]. 城市交通, 2013, 5: 44-52.  
XIA X J, GUAN H Z. Travel survey and analyses of the elderly in beijing[J]. Urban Transport of China, 2013, 5: 44-52.
- [13] FRANK L, BRADLEY M, KAVAGE S, et al. Urban form travel time and cost relationships with tour complexity and mode choice[J]. Transportation, 2008, 35(1): 37-54.
- [14] KIM S, ULFARSSON G F. Travel mode choice of the elderly—effects of personal household neighborhood and trip characteristics[J]. Transportation Research Record, 2004,

- 1894(1):117-126.
- [15] TSUNODA K, KITANO N, KAI Y, et al. Transportation mode usage and physical mental and social functions in older Japanese adults [J]. *Journal of Transport & Health*, 2015, 2(1):44-49.
- [16] 이향숙, CHOO S, 김지윤. Analyzing the characteristics of trip chaining activities of the elderly in Seoul metropolitan area[J]. *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 2014, 13(2):68-79.
- [17] PRINS R G, PIERIK F, ETMAN A, et al. How many walking and cycling trips made by elderly are beyond commonly used buffer sizes: results from a GPS study[J]. *Health & Place*, 2014, 27: 127-133.
- [18] 姜康, 凌飞阳, 冯忠祥, 等. 行人过街使用手机行为的心理影响因素研究[J]. *中国安全科学学报*, 2016, 26(6): 13-18.
- JIANG K, LING F Y, FENG Z X. Research on psychological factors affecting pedestrians' mobile phone use behaviour while crossing[J]. *China Safety Science Journal*, 2014, 4(11): 47-52.
- [19] 李林波, 吴兵. 出行者心理因素对公共交通发展的影响[J]. *重庆交通学院学报*, 2004(3):94-97.
- LI L B, WU B. Effects of traveler psychology factors on development of public traffic[J]. *Journal of Chong Qing Jiao Tong University*, 2004(3):94-97.
- [20] 刘建荣, 郝小妮, 石文瀚. 新冠疫情对老年人公交出行行为的影响[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2020, 20(6): 71-76.
- LIU J R, HAO X N, SHI W H. Impact of COVID-19 on the elderly's bus travel behavior[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2020, 20(6):71-76.
- [21] WANG J, WANG X. *Structural equation modeling: applications using Mplus*[M]. London: John Wiley & Sons, 2012.
- [22] 李军, 陈雅. 考虑心理潜变量的专车出行选择行为分析[J]. *科学技术与工程*, 2017, 17(11):322-327.
- LI J, CHEN Y. Analysis of the choice behavior towards tailored taxi-service incorporating psychological latent variables[J]. *Science Technology and Engineering*, 2017, 17(11):322-327.
- [23] PACIFICO D, YOO H I. LeLogit: a Stata command for fitting latent-class conditional Logit models via the expectation-maximization algorithm[J]. *Stata Journal*, 2013, 13(3): 25-639.
- [24] 刘建荣, 温惠英. 考虑异质性及主观评价的出行行为研究[J]. *华南理工大学学报(自然科学版)*, 2019, 47(10): 124-129.
- LIU J R, WEN H Y. Incorporating heterogeneity and subjective evaluation into travel mode choice[J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2019, 47(10):124-129.



第一作者: 张兵(1981—), 男, 副教授, 博士, 硕士研究生导师, 研究方向为区域综合交通运输规划、公共交通系统优化等。Email: zhangbing@ecjtu.edu.cn。

(责任编辑: 李根 姜红贵)