

文章编号:1005-0523(2017)05-0093-06

固定租赁点的公共自行车出行路径分析

邓自闯,周红梅,魏志强

(武汉理工大学交通学院,湖北 武汉 430063)

摘要:基于前景理论建立固定租赁点的公共自行车出行路径选择模型。通过分析出行选择的决策过程,选择以出行时间和步行距离为两个不同参照点,确定前景理论的价值函数和决策权重函数,获得不同路径决策下的前景值。并通过sp调查结果与前景理论的计算结果进行对比分析,说明前景理论对于固定租赁点自行车出行路径选择具有较好的描述性。表明通过固定租赁点公共自行车出行时往往更加倾向于选择出行起点到租车点以及还车点到终点步行距离较短的路径。

关键词:公共自行车;路径选择;前景理论

中图分类号:U491

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2017.05.014

随着社会发展越来越快,小汽车在我国逐渐普及,使得道路交通不堪重负,交通拥堵现象在全国许多城市都有发生。同时造成了环境污染与资源的大量消耗,范勇经过实证研究表明二氧化碳排放量与我国经济增长呈正相关^[1]。公共自行车的初衷在于解决出行“最后一公里”问题,使得出行者能够完成“公交车+自行车”的出行过程。对于减少小汽车出行,促进城市的节能减排以及缓解城市交通压力具有重要作用。

考虑到自行车的灵活性,其对于城市交通具有重要的影响。随着我国慢速交通的推进,城市公交一体化进程加快,公共自行车将成为城市交通中不可或缺的一部分^[2]。对于固定借还车点的公共自行车出行路径分析具有一定现实意义。公共自行车系统定义^[3]为:企业或组织在客流聚集地设置公共自行车租车站,随时为有租车需求的人提供适于骑行的公共自行车,并以使用时长为标准进行收费的城市公共自行车交通系统。自行车出行路径选择受到很多因素影响,主要包括出行距离、时间、道路设施、道路环境等^[4]。以往对于小汽车出行路径选择的研究比较多,这些研究表明前景理论在路径选择方面具有很好的适用效果,王任映^[5]在分析已有模型的基础上,提出基于前景理论对路径选择行为进行建模的适用性。因此可以考虑将前景理论运用到具有固定借还车点的公共自行车出行路径选择方面。王伟,孙会君^[6]运用累积前景理论研究了交通网络中出行者有限理性的路径选择行为,并选取期望—超额出行时间为参考点,建立了基于累积前景理论的随机网络均衡及其等价的变分不等式模型,克服了期望效用理论和随机效用理论的缺陷。王健,侯亚丽^[7]等以对随机不确定性事件的描述性较好的前景理论为基础,将出行过程中对出行路径选择行为具有较大影响的出行费用(包括出行时间费用、燃油费、停车费以及路桥通行费)整合在一起,并将其定义为广义出行成本进行分析,克服了以往研究中影响因素单一的问题,使得研究结果更具有真实性,更有说服力。

以往对于出行路径选择行为的分析主要对象是指小汽车出行,但是,随着公共自行车的兴起,其在城市道路交通中的影响将越来越大,因此本文的主要研究对象为具有固定借还车点的公共自行车。考虑将公共自行车出行过程中对于出行路径选择行为具有较大影响的因素(主要是骑行时间和步行距离)整合成为一个广义出行成本,并以前景理论为基础建立出行路径选择模型,并在此基础上进行实际算例验证。

收稿日期:2017-06-08

作者简介:邓自闯(1992—),男,硕士研究生,主要研究方向为交通运输与管理。

1 路径决策过程及其影响因素

1.1 路径决策过程

公共自行车出行者对于路径选择决策的过程是“感知—判断—决策”的过程,其中“感知”是指出行者感知到自己具有出行需求,并对周边的公共自行车固定租借点的位置进行初步感知判断;“判断”是指出行者对出行过程中所耗费的时间以及出行距离、所花费的费用等进行判断;“决策”指出行者选择最终的出行路径。决策过程如图 1 所示。

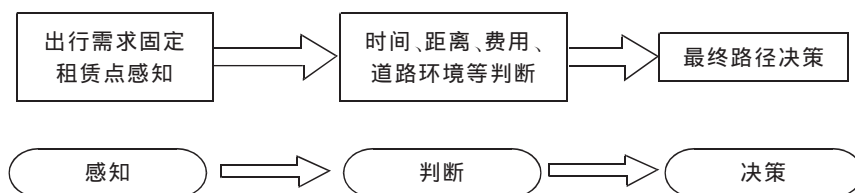


图 1 路径选择决策过程

Fig.1 Routing decision process

1.2 路径决策影响因素

“低碳生活、绿色出行”理念的提出,使得公共自行车越来越受到城市居民的关注。使用公共自行车出行不仅可以在一定程度上避免和减少城市道路交通拥挤现象,而且也能够给处于紧张的工作、学习压力下的人们一个锻炼身体的机会,与“全民健身”的主题不谋而合。使用具有固定租赁点的公共自行车出行时,对于出行路径的选择可能会受到以下因素的影响。

1) 从出行起点到租车点与还车点到出行终点的步行距离。在通过公共自行车出行时,往往出行起点与终点并不是正好在公共自行车租赁点处,人们往往会选择步行距离较短的出行路径。

2) 骑行时间。在不是以旅游和锻炼为出行目的的条件下,人们会倾向于选择骑行时间较短的路径,节省时间的同时,也可以节省出行费用。

3) 租车点的公共自行车投放量。有些租赁点投放量较少,可能会有自行车在某些时段全部被骑走的情况,因此出行者也可能胡选择投放量较大的租赁点作为骑行起点,从而影响出行路径。

4) 沿途道路交通环境与自然风景。自行车出行受到道路交通环境的影响比较大,比如,出行者会避免某些路面容易积水的地段。同时有些路径沿线自然风景优美,也会吸引出行者。

不同区域的出行特性有所区别,出行起讫点、出行频率、出行目的等的不同对于路径选择也会产生影响,这里主要考虑出行时间与步行距离的影响。但是在进行公共自行车投放于布点时不仅仅要考虑出行时间与步行距离,同时也要合理的考虑区域出行特性。

2 前景理论计算过程

前景理论决策过程分为两个阶段:编辑阶段和评价阶段。以前景理论为基础进行计算的步骤如下:

- 1) 确定前景理论参照点;
- 2) 确定前景理论的价值函数;
- 3) 确定个人选择主观概率;
- 4) 确定前景理论概率权重函数;
- 5) 计算前景值。

3 模型建立

3.1 确定参照点

参照点的确定属于前景理论中的核心部分。在前景理论中,无论是价值函数还是主观概率的计算都与参照点有关,前景理论的主要判断依据就是“收益”与“损失”,如何区分“收益”和“损失”两个不同概念,需要

一个判断标准,参照点的作用就是提供一个决策参照,并以此为标准判别何为“收益”何为“损失”。在公共自行车出行过程中,影响出行者路径决策的主要影响因素有出行时间、步行距离和交通环境等,考虑将骑行时间和步行距离两个因素作为公共自行车出行者路径决策的两个参照点。并将骑行时间与出行过程中的步行距离整合成为一个广义出行成本,即将骑行时间与步行距离者两个实际参照点进行整合,使之变成类似于一个参照点的情形,表示如下

$$C_i = \mu T_i \xi + \eta (S_i / v) \delta \quad (1)$$

式中: C_i 表示路段 i 的广义出行成本; T_i 和 S_i 分别表示路段 i 的骑行时间和步行距离; ξ 表示出行过程中的单位时间成本; δ 表示出行过程中单位步行距离成本(可以通过步行距离与平均步行速度折算为单位步行时间成本进行计算; v 为平均步行速度); μ, η 表示分别骑行时间和步行距离所占的权重, $0 \leq \mu, \eta \leq 1$ 。

由以上关于广义出行成本的定义,可以建立如下的参照点模型:

$$C_{\text{desired}}^w = \frac{(1+\beta)}{n} [\alpha \sum_{k=1}^w T_k^w \xi + (1-\alpha) \sum_{k=1}^n \frac{S_k^w}{v} \delta] \quad (2)$$

式中: C_{desired}^w 为广义出行成本的参照点; n 为 OD 对 w 之间的有效路径数量; T_k^w 表示 OD 对 w 之间路径 k 骑行时间; α, β, δ 均为敏感度系数且 $0 < \alpha, \beta, \delta < 1$, 当 α 越大时, 上式中中括号内左边越大, 表明对于时间的敏感度越高。不同的出行主体对于骑行时间以及步行距离的敏感度是不同的, 同一出行主体在不同的时间、不同出行目的时对于骑行时间以及步行距离的要求也不尽相同。当出行者为了赶着去上班时, 肯定希望能够保证骑行时间最少同时步行距离最短; 当出行者在没有赶时间的情况下, 可能就会对时间的长短考虑较少, 更多的是要求步行距离尽量短, 从而减少体力消耗。因此权重值可以根据具体情况进行调整。

3.2 确定前景理论价值函数

价值函数与权重函数是前景理论的重要内容。价值函数用来描述某种选择行为的价值, 具体表现为“收益”或是“损失”, 当然这里的“收益”与“损失”都只是相对的, 他们都是相对于设定的参考点的值。前景理论中的价值函数曲线为不对称的 S 型曲线。前景理论的经典价值函数形式如下:

$$\begin{cases} (x_0 - x)^\theta, & x \leq x_0 \\ V(x) = -\gamma(x - x_0)^\beta, & x > x_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: x_0 表示参考点, $(x - x_0)$ 表示相对于参考点的收益和损失。当 $(x - x_0) > 0$ 时表示收益, 当 $(x - x_0) < 0$ 时表示损失。 α, β 决定了函数的凹凸性, $0 \leq \theta \leq 1$, γ 为风险规避系数且 $\gamma \geq 1$ 。

根据 Tversky 和 Kahneman 的标定, 取 $\theta = 0.88$, $\gamma = 2.25$ 。前景理论价值函数曲线如图 2。

由价值函数曲线可以更加直观的看出其是一个不对称的 S 形, 表明一个损失结果对应价值的绝对值, 比获利结果对应价值的绝对值更大, 也就是所谓的“损失厌恶性”。其中 Δx 表示通过设定的参照点所得到的收益(或损失)。

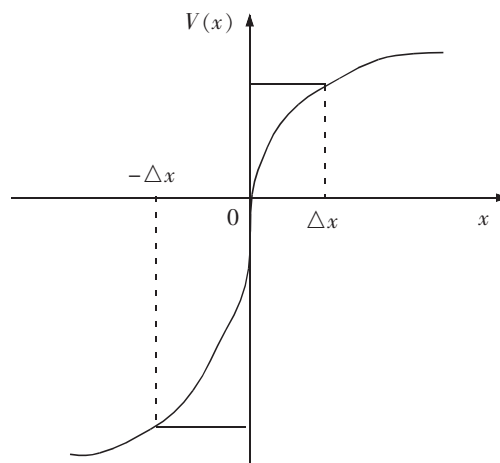


图2 价值函数曲线
Fig.2 Value function

3.3 主观概率确定

当出行者选择了某条出行路径之后, 只可能出现两种情况, 一种是“收益”, 另一种是“损失”。

1) 收益。当 $C_{\text{desired}} \geq C_k$ 时, 即出行者的感知广义出行成本小于设定的参照点, 此时对与出行者来说就相当于本来购买某种商品需要花费 100 元, 而实际上花费却小于 100 元, 即出行者获得收益。

2) 损失。当 $C_{\text{desired}} < C_k$ 时, 即出行者的感知广义出行成本大于参照点, 此时对于出行者来说相当于购买某商品本来需要花费 100 元, 而实际上的花费却超过 100 元, 即出行者产生损失。

假设 D 表示出行者选择某条出行路径之后的可能结果,则有

$$D = \begin{cases} 1, \text{收益}, C_{\text{desired}} \geq C_k \\ 0, \text{损失}, C_{\text{desired}} < C_k \end{cases} \quad (4)$$

则出行者的主观概率为

$$P_1 = P(D=1, \text{收益}) = P(C_{\text{desired}} \geq C_k) = \frac{1}{2\pi\sigma_t} \int_0^{C_{\text{desired}}} e^{-\frac{(C-C_k)^2}{2\sigma_t^2}} d_c \quad (5)$$

$$P_0 = P(D=0, \text{损失}) = P(C_{\text{desired}} < C_k) = 1 - P_1 \quad (6)$$

3.4 概率权重函数

前景理论中权重函数代替了权重概率。在判断当前现状事件结果时,决策者并不是以权重概率的形式赋予一个决策函数的变量值,而是为概率赋予一个权重。权重函数的曲线如图 3。

$\pi(p)$ 是关于 p 的单调递增函数,介于 0~1 之间,并且在两个端点处并不连续。权重值的赋予有这样的规律,对于较大的概率赋予较小权重值,而对于较小概率则赋予较大权重值。而且权重函数与概率理论的基本结论并不相符合,即权重概率之和并不等于 1。概率权重函数的计算形式如

$$\pi_p = \frac{p^\tau}{(p^\tau + (1-p)^\tau)^{\frac{1}{\tau}}} \quad (7)$$

其中 Kahneman 经过试验标定,在收益时 $\tau=0.61$,在损失时 $\tau=0.69$ 。其中 p 为出行者对可能产生的结果的主观概率。

3.5 前景值计算

前景理论中的前景值的计算为编辑阶段的价值函数与概率权重函数的乘积,即

$$(PS) = \sum \pi(p) V(x) \quad (8)$$

选取其中前景值最大的一条路径,即为最优路径。

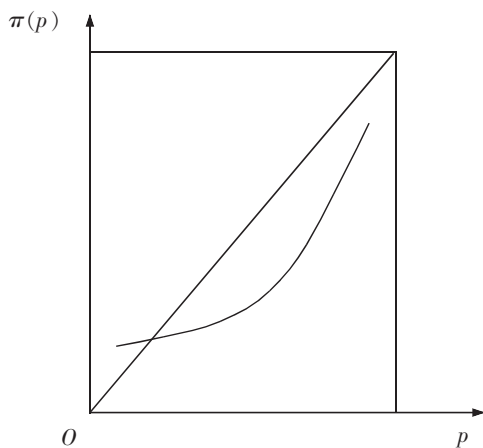


图 3 概率权重函数曲线

Fig.3 Probability weighting function

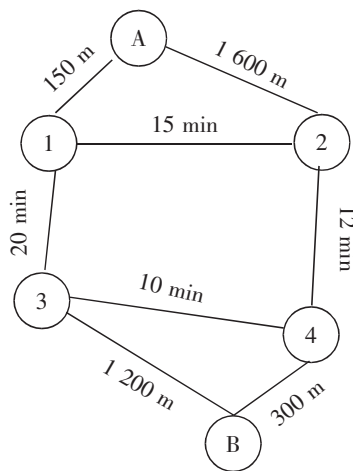


图 4 路网图

Fig.4 Road map

4 算例及 SP 调查验证

4.1 算例

为了更真实的了解固定租赁点的公共自行车出行路径选择行为,设定了如下图的出行路网图,其中 A 表示出行起点,出行者在 A 处感知到需要通过租赁公共自行车来完成出行过程;B 表示出行终点;1,2,3,4 都表示 A,B 起讫点之间的公共自行车租赁点,在出行起终点与公共自行车租赁点之间的数值为从起点到借

车点(或从还车点到终点)的步行距离,各个租赁点之间的数值表示在出行过程中所需要的骑行时间。通过设计该出行路径模型,进一步了解公共自行车出行过程中步行距离与骑行时间对路径选择的影响,并对前景理论模型对公共自行车出行路径选择的描述性进行实例论证。

在图 4 的简单路网中,挑选出有效路径,并通过以前景理论为基础建立的路径选择模型,计算各条有效路径的前景值,选择前景值最大的路径。各条有效路径以及其路径属性如下表 1。

表 1 有效路径属性表
Tab.1 Valid path property

有效路径	估计骑行时间/min	估计步行距离/m
路径 1:A—1—2—4—B	27	450
路径 2:A—1—3—B	20	1 350
路径 3:A—2—4—B	12	1 900

考虑到以公共自行车为交通方式出行的人群主要是中低收入人群,参照 2000 年和 2005 年北京市分方式、分目的对单位出行成本的计算结果^[8],2000 年以自行车为出行方式,出行目的非工作出行所占的比例较大,单位出行时间成本为 1.8 元/h,2005 年 3.76 元/h,以增长率法粗略计算现今自行车单位出行成本为 7.85 元/h,假设步行的单位出行成本为自行车单位出行成本的 0.8 倍,即为 6.28 元/h,也即 $\xi=7.85, \delta=6.28$ 。设定 $n=3, \beta=0.7, \alpha=0.3, v=5 \text{ km/h}, u=0.3, \eta=0.7$ 。根据上文建立的模型,计算各条路径的价值函数、概率权重函数,最后得到各条路径的前景值,见表 2。

由表 2 中计算所得各条路径的前景值比较可知,路径 1 的前景值最大,故选择路径 1 出行。

4.2 SP 调查

为验证上文以前景理论为基础建立的路径选择模型是否能够比较真实的描述以具有固定租赁点的公共自行车为出行方式的路径选择行为,以图 4 中的路网图为依据,设定了相应的 SP 路径选择调查问卷,回收有效问卷 94 份。调查结果如表 2 所示。

表 2 各有效路径前景值表
Tab.2 Prospect value of each path

有效路径	前景值
路径 1	0.283 6
路径 2	0.202 8
路径 3	0.174 7

表 3 SP 调查结果
Tab.3 SP findings

有效路径	骑行/min	步行距离/折算步行时间	选择人数/人	所占比例/%
路径 1	27	450 m/5 min	45	47.8
路径 2	20	1 350 m/16 min	30	31.9
路径 3	12	1 900 m/23 min	19	20.3

由表 3 可以发现,更多的人会倾向于选择路径 1 出行,与前景理论路径选择模型的计算结果相符,表明上文建立的路径选择模型具有较高的准确性。同时,表 3 也表明在出行总时间差不多的情况下,人们更倾向于选择步行距离较短而骑行时间可能相对较长的路径。

5 结论

本文将前景理论应用到公共自行车出行路径选择,以骑行时间和步行距离为主要参照点,对以往研究

中的小汽车出行路径选择模型进行改进,并通过 sp 调查数据验证模型的准确性。结果表明以前景理论为基础的路径选择模型适合于公共自行车出行路径选择,在公共自行车出行路径选择过程中,人们往往倾向于选择出行过程中步行距离最短的路径,因此在公共自行车租赁点的布局或是最近热门的可以随处取用的共享单车的投放上,应该充分的考虑到区域出行特性,尽量减少整个出行过程的步行距离。同时,对于骑行者路径选择可以进行合理的预测,便于管理城市道路中灵活性较高的自行车交通,减少其对整个道路交通系统的影响。

参考文献:

- [1] 范勇. 二氧化碳减排与经济增长——基于中国数据的实证分析[J]. 华东交通大学学报, 2013, 30(2): 105-109.
- [2] 周东. 我国公共自行车发展现状与趋势[J]. 中国自行车, 2012(10): 52-55.
- [3] 龚迪嘉, 朱忠东. 城市公共自行车交通系统实施机制[J]. 城市交通, 2008(6): 27-32.
- [4] 朱玮, 庞宇琦, 王德. 自行车出行行为和决策研究进展[J]. 国际城市规划, 2013(1): 50-55.
- [5] 王任映. 基于前景理论的出行路径选择模型[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009.
- [6] 王伟, 孙会君. 基于内生参考点的交通网络均衡模型[J]. 应用数学和力学, 2013(2): 190-198.
- [7] 王健, 侯亚丽, 胡晓伟. 拥挤收费下基于前景理论的出行者路径选择行为分析[J]. 交通信息与安全, 2011(5): 25-30.
- [8] 齐彤岩, 刘冬梅, 刘莹. 北京市居民出行时间成本研究[J]. 公路交通科技, 2008(6): 144-146.

Analysis on Public Bicycle Trip Path of Fixed Lease Point

Deng Zichuang, Zhou Hongmei, Wei Zhiqiang

(School of Transportation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: Based on prospect theory, a public bicycle trip path choice model of fixed lease point was established. By analyzing the decision-making process of travel choice, taking travel time and walking distance as two different reference points, this paper determines the value function and decision weight function of prospect theory and then obtains various prospect values under different route decision-making. The comparison between the SP survey and the calculation of prospect theory shows that the prospect theory has good description for the bicycle path choice of the fixed lease point. The research finds that people tend to choose shorter path from starting point to lease point and from lease point to the destination.

Key words: public bicycle; path choice; prospect theory

(责任编辑 姜红贵)