

文章编号:1001-9081(2014)03-0749-05

doi:10.11772/j.issn.1001-9081.2014.03.0749

基于前景理论的居民出行方式选择

张 薇*, 何瑞春

(兰州交通大学 交通运输学院, 兰州 730070)

(*通信作者电子邮箱 zhangwei@mail.lzjtu.edu.cn)

摘要:对于实际出行中居民心理因素对出行方式选择的影响问题,构建基于前景理论的居民出行方式选择模型,提出了一种更加符合人类思维习惯的出行方式选择方法。综合考虑居民对行程时间及出行费用两种指标的心理参照点,得出相对最能使居民满意的出行方式选择结果;通过不同参照点下出行方式的综合前景值的变化分析了参照点对出行方式的选择的影响;最后通过实例说明了此方法在出行方式选择中的应用。实验结果表明:行程时间参照点要求较低的小范围内居民倾向于公交出行,尽管出租车与私家车出行方式综合前景值趋势变化一致,但更大范围内的居民倾向于私家车出行,这与实际相符。所提方法为预测居民出行方式提供了一种新的途径。

关键词:前景理论;出行方式选择;情景;参照点;前景值

中图分类号: U491.1; TP391; TP18 **文献标志码:**A

Residents travel mode choice based on prospect theory

ZHANG Wei*, HE Ruichun

(School of Traffic and Transportation, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Concerning the influence of resident's psychological factors on travel mode choice in the actual travel, a travel mode choice model based on prospect theory was established and a choice method more according to human thinking habits was put forward. Considering psychological reference points of travel time and travel cost comprehensively, satisfied travel mode to resident was obtained. The influence of reference point on travel mode was analyzed by comparing changes of comprehensive prospect value under different reference points. Finally an example gave the application of this travel mode choice method. The experimental results show that residents in the minority whose expectation of travel time is lower prefer bus travel, although the comprehensive prospect value changes of taxi and private car are identical. More residents tend to use private car mode, which is consistent with the fact. The proposed method provides a new way to predict resident travel mode.

Key words: prospect theory; travel mode choice; scene; reference point; prospect value

0 引言

居民出行行为研究已成为交通系统规划与管理领域的一个热点问题,它对于优化城市客运结构、制定交通管理政策及缓解拥堵问题都有着重要意义。通常的城市居民交通出行方式包含公交、出租、私家车、地铁等方式,居民根据自己的出行标准会选择某种出行方式。不少学者对出行方式的选择问题展开了研究。杨励雅等^[1]提出了一种考虑偏好差异与备选方案的居民出行方式的选择模型;朱顺应等^[2]提出一种具有模糊特性变量的出行方式预测;万霞等^[3]从居民出行方式选择机制分析入手,确立出行方式选择动态影响因素,在多项Logit 模型的基础上建立了方式选择动态模型等。上述大部分研究大多都是建立在“期望效用理论”的基础上,效用理论是以决策者是完全理性为前提条件的,但事实上人们在出行时往往表现出非完全理性。一个出行者在出行时会根据可获得的信息以及经验做出出行方式选择的判断,决策过程中,均不可避免地要受到自身因素的影响,比如出行者的个体习惯、面临风险时的态度、自身的偏好等。

心理学家卡尼曼(Kahneman),提出了一种新的理论——前景理论。卡尼曼因为“将来自心理研究领域的综合洞察力应用在了经济学当中,尤其是在不确定情况下的人为判断和决策方面做出了突出贡献”,摘得2002 年度诺贝尔经济学奖的桂冠。“前景理论”的提出引起了国内外许多学者对于不确定情况下的人为判断和决策方面的研究^[4-6]。本文为了克服效用理论始终以决策者是完全理性为前提条件的不足,结合“前景理论”建立了一种基于前景理论的出行方式选择模型,并且从行程时间及出行费用两种主要指标分析参照点的变化对出行方式的综合前景值的影响,本文提出的模型更加符合真实情况。

1 前景理论

前景理论把心理学研究引入到不确定条件下的决策中来,开拓了一个全新的研究领域。前景理论揭示了影响行为选择的非理性心理因素,为研究不确定情况下的人为判断和决策方面提供了新的思路。目前前景理论已经被应用于经济、会计方面的决策行为及营销宣传、消费行为等领域的研

收稿日期:2013-09-16;修回日期:2013-11-08。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(61364026);教育部人文社科青年基金资助项目(12YJC630200);兰州交通大学青年科学基金资助项目(2011001)。

作者简介:张薇(1980-),女,甘肃兰州人,讲师,博士研究生,主要研究方向:决策理论、交通信息处理; 何瑞春(1970-),女,甘肃临洮人,教授,博士生导师,主要研究方向:交通管理与规划。

究。

Kahneman 和 Tversky 将人们的决策过程分为编辑和评价两个阶段:在编辑阶段,决策者设定一个参照点,并将决策的各种可能结果编辑为相对某个参照点的收益或损失;在评价阶段,决策者依据价值函数对收益和损失进行主观评价,并依据决策权重函数测度主观概率风险。价值函数与参照点的选取有关,反映了决策者对客观价值的主观感受,价值函数的自变量是收益或者损失;决策权重函数表示人们对客观概率的主观评价,反映了概率对前景价值的影响。人们的行为遵循效用最大化原则,选择效用最大即前景值最大的方案。

概括而言,“前景理论”有 3 个基本理论观点^[7-8]:

- 1) 面临“获得”,人们倾向于“风险规避(risk aversion)”;
- 2) 面临“损失”,人们倾向于“追求风险(risk seeking)”;
- 3) 获得和损失相对于“参照点”而言的。

2 基于前景理论的出行方式选择模型

2.1 基于前景理论的出行方式选择问题描述

出行方式选择问题就是一个不确定环境下的方案选择,出行者对出行后可能出现的情况如交通拥堵等无法准确预测,对出行时间等结果也无法准确预计。当出行者准备出行时,经常面对能够到达目的地的若干种出行方式,如何做出选择并不是完全随意的,也不是完全理性的。根据前景理论的心理学分析,出行者会预先设定一个参照点,这个参照点反映了出行者对此次出行的心理预期,并依据参照点来衡量选择某种出行方式后的收益或损失,人们的心更加看重的是收益或损失的变化量而不是最终量,因此出行方式的选择依赖于这种收益或损失的变化,仅依赖于期望效用值的完全理性选择方式并不能反映人们的真实选择。由于人们在面临收益时是倾向于风险规避的(确定效应),面临损失时是倾向于风险喜好的(反射效应),人们对出行方式的选择也需遵守相应心理规则。

本文选用行程时间与出行费用两个最直接因素作为出行者出行方式选择的指标,行程时间指出行者从起点到达终点的过程中所花费时间,除了途中行使时间外,根据不同出行方式行程时间也可能包括停车时间或转车时间等。出行费用指出行者从起点到达终点的过程中所花费费用,可能包括车费、燃料费、停车费等。为便于模型说明,下面将问题相关描述如下。

1) $S^t = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ 表示出行者出行后可能出现的行程时间指标的情景状态集合。其中: S_i 表示其中的第 i 种行程时间情景, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

2) $S^c = \{S_1, S_2, \dots, S_z\}$ 表示出行者出行后可能出现的出行费用指标的情景状态集合。其中: S_i 表示其中的第 i 种出行费用情景, $i = 1, 2, \dots, z$ 。

3) $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 表示出行方式备选方案集合。其中 A_i 表示第 i 种出行方式。

4) $P_t = |P_{ij}|_{m \times n}$ 表示行程时间情景概率矩阵。其中 P_{ij} 表示采取方案 A_i 能够导致情景 S_j 出现的概率,并且 $\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1$, $i = 1, 2, \dots, m$ 。

5) $P_c = |P_{ij}|_{m \times z}$, 表示出行费用情景概率矩阵。其中 P_{ij} 表示采取方案 A_i 能够导致情景 S_j 出现的概率,并且 $\sum_{j=1}^z P_{ij} = 1$,

$i = 1, 2, \dots, m$ 。

6) $K = \{K_1, K_2\}$ 表示出行者参考点集合。其中: K_1 表示行程时间参考点即出行者对行程时间指标的预期值, K_2 表示出行费用参考点即出行者对出行费用指标的预期值。

7) $W = \{w_1, w_2\}$ 表示指标权值集合。其中: w_1 表示行程时间指标权重, w_2 表示出行费用指标权重,并且 $w_1 + w_2 = 1$ 。

2.2 情景对行程时间的价值

行程时间参照点是出行者对本次出行时间的心理期望值,根据人类出行习惯出行者会按照个人要求、经验等设想出自己的参照点 K_1 ,当然不同的出行者会有不同的参照点。按照某种出行方式出行后可能出现若干种行程时间情景,情景 S_i 的行程时间对行程时间参照点 K_1 的收益为:

$$x_{it} = K_1 - T_i \quad (1)$$

当 $x_{it} \geq 0$ 时,情景 S_i 的行程时间损失小于参照点,出行者心理感知为收益;当 $x_{it} < 0$ 时,情景 S_i 的行程时间损失大于参照点,出行者心理感知为损失。

根据 Tversky 和 Kahneman 提出的价值函数形式,定义情景 S_i 对行程时间的价值为:

$$v(x_{it}) = \begin{cases} (x_{it})^\alpha, & x_{it} \geq 0 \\ -\lambda(-x_{it})^\beta, & x_{it} < 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中 α 和 β ($0 \leq \alpha, \beta \leq 1$) 为风险态度系数,表示行程时间的收益和损失价值函数的凹凸程度,价值函数曲线如图 1 所示。 α 和 β 越大,则收益和损失价值函数的凹凸程度越大,价值函数曲线体现了出行者对行程时间敏感性递减的心理行为特征; λ 为损失规避系数, $\lambda > 1$ 时体现了出行者对损失更加敏感的心理行为特征,并且 λ 越大损失规避程度越大。经研究证明取值 $\alpha = 0.89$, $\beta = 0.92$, $\lambda = 2.25$ 最符合决策者心理特征^{[9]116, [10]777}。

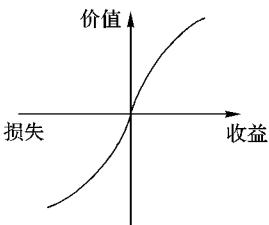


图 1 价值函数曲线

2.3 情景权重

方案 A_j 的行程时间情景权重 $\pi(P_{ji})$ 定义如下:

$$\pi(P_{ji}) = \begin{cases} \frac{P_{ji}^\chi}{(P_{ji}^\chi + (1 - P_{ji}^\chi))^{1/\chi}}, & x_{it} \geq 0 \\ \frac{P_{ji}^\delta}{(P_{ji}^\delta + (1 - P_{ji}^\delta))^{1/\delta}}, & x_{it} < 0 \end{cases} \quad (3)$$

其中 P_{ji} 表示方案 A_j 执行后导致情景 S_i 出现的概率。根据前景理论,大量测试研究发现了最能反映决策个体行为偏好的参数取值为: $\chi = 0.61$, $\delta = 0.69$ ^{[9]116, [10]777}。情景权重 $\pi(P_{ji})$ 的计算反映出人们往往倾向于高估低概率事件,而低估中高概率事件,而在中间阶段人们对概率的变化相对不敏感的特征。

2.4 综合前景值计算

方案 A_j 的行程时间前景价值 EV_{ji} 为:

$$EV_{ji} = \sum_{i=1}^n v(x_{it}) \pi(P_{ji}) \quad (4)$$

EV_{ji} 表明仅考虑行程时间时出行者对每种出行方式的评判值, EV_{ji} 最大值所对应的出行方式即出行者从行程时间角

度考虑所最倾向的出行方式。

下面计算出行费用前景价值。不同于行程时间,出行费用对某种出行方式来说是确定的。例如由于路况的随机性,出行者不能准确确定公交车出行方式的行程时间,但是可以确定出行费用即公交车费。因此方案 A_j 的出行费用价值 $v(x_{je})$ 即方案 A_j 的出行费用前景价值 EV_{je} 。具体如下:

$$x_{je} = K_2 - C_j \quad (5)$$

$$v(x_{je}) = \begin{cases} (x_{je})^\alpha, & x_{je} \geq 0 \\ -\lambda(-x_{je})^\beta, & x_{je} < 0 \end{cases} \quad (6)$$

那么综合考虑行程时间与出行费用,方案 A_j 的综合前景值为:

$$V_j = w_1 \hat{EV}_{je} + w_2 \hat{EV}_{je} \quad (7)$$

指标权重 w_1 与 w_2 的权重可以通过调查统计或专家打分方法得到。为消除不同量纲对计算结果的影响,将方案 A_j 的行程时间前景价值 EV_{je} 与出行费用前景价值 EV_{je} 规范化:

$$\hat{EV}_{je} = EV_{je} / |EV_t|_{\max} \quad (8)$$

$$\hat{EV}_{je} = EV_{je} / |EV_c|_{\max} \quad (9)$$

其中: $|EV_t|_{\max} = \max\{EV_t\}$; $|EV_c|_{\max} = \max\{EV_{je}\}$, $j = 1, 2, \dots, m$; $-1 \leq \hat{EV}_{je}, \hat{EV}_{je} \leq 1$ 。显然,前景值 V_j 越大说明方案 A_j 越符合出行者心理,综合前景最大值对应的出行方式是出行者的首选方案。

2.5 出行方式选择过程

综上所述,下面给出出行者进行出行方式选择的具体过程:

步骤1 根据式(1)、(2)计算行程时间情景 S_i 对行程时间参照点 K_1 的收益或损失 x_{it} 及行程时间情景 S_i 对行程时间的价值 $v(x_{it})$;

步骤2 根据式(3)计算方案 A_j 的行程时间情景权重 $\pi(P_{ji})$;

步骤3 根据式(4)计算方案 A_j 的行程时间前景价值 EV_{je} ;

步骤4 根据式(5)、(6)计算方案 A_j 的出行费用前景价值 EV_{je} ;

步骤5 根据式(7)、(8)对方案 A_j 的行程时间前景价值 EV_{je} 及出行费用前景价值 EV_{je} 规范化;

步骤6 根据式(9)计算方案 A_j 的综合前景值,并对各方案前景值 V_j 进行排序。

3 不同参照点下的方案综合前景值分析

以 $\{S_1, S_2, S_3, \dots, S_k, S_{k+1}, \dots, S_n\}$ 为情景序列分析不同参照点下的方案综合前景值。令参照点 $K_1 \in [S_k, S_{k+1}]$,当 K_1 发生变化,变化量为 ΔK 。若 $K_1 + \Delta K \in [S_k, S_{k+1}]$ 时,收益 $x'_{it} = K_1 + \Delta K - T_i = x_{it} + \Delta K$,情景 S_i 对行程时间的价值变化如下:

$$\Delta v(x_{it}) = \begin{cases} |(x_{it} + \Delta K)^\alpha - (x_{it})^\alpha|, & i = 1, 2, \dots, k \\ |\lambda(-x_{it} - \Delta K)^\beta - (-x_{it})^\beta|, & i = k+1, k+2, \dots, n \end{cases}$$

其中: ΔK 为正变化时, $\Delta v(x_{it})$ 亦为正变化; ΔK 为负变化时, $\Delta v(x_{it})$ 亦为负变化。

若 $K_1 + \Delta K \in [S_{k'}, S_{k'+1}], k \neq k'$ 时,当 ΔK 为正变化时,情景 S_i 对行程时间的价值变化为:

$$\Delta v(x_{it}) = \begin{cases} |(x_{it} + \Delta K)^\alpha - (x_{it})^\alpha|, & i = 1, 2, \dots, k \\ |(\Delta K - x_{it})^\alpha + -\lambda(-x_{it})^\beta|, & i = k+1, k+2, \dots, k' \\ |\lambda(-x_{it} - \Delta K)^\beta - (-x_{it})^\beta|, & i = k'+1, k'+2, \dots, n \end{cases}$$

当 ΔK 为负变化时,情景 S_i 对行程时间的价值变化为:

$$\Delta v(x_{it}) = \begin{cases} |(x_{it} + \Delta K)^\alpha - (x_{it})^\alpha|, & i = 1, 2, \dots, k' \\ |-\lambda(x_{it} - \Delta K)^\beta + (x_{it})^\alpha|, & i = k'+1, k'+2, \dots, k \\ |\lambda(-x_{it} - \Delta K)^\beta - (-x_{it})^\beta|, & i = k+1, k+2, \dots, n \end{cases}$$

其中: ΔK 正变化下的情景 S_i ($i = k+1, k+2, \dots, k'$)与 ΔK 负变化下的情景 S_i ($i = k'+1, k'+2, \dots, k$)对行程时间价值变化显著,即收益与损失相互变换时对方案的前景值有较大影响。同理,参照点 K_2 的改变使得方案 A_j 的出行费用价值变化量为 $\Delta v(x_{je})$ 。方案 A_j 的前景值变化 $\Delta V_j = w_1 \sum_{i=1}^n \Delta v(x_{it}) \pi(P_{ji}) + w_2 \Delta v(x_{je})$ 。方案 A_j 的前景值变化并不仅仅取决于 ΔK ,而更多依赖于参照点变化后与情景 S_i 的参照关系。因此,参照点的变化引起的各方案前景值的变化不同,会使得各方案前景排序发生变化,即不同参照点下的出行方式的选择可能会有不同。

4 案例分析

假设居民的某次出行方式有以下3种选择:

①方式1。公交车,30 min 到达的概率为 90%,45 min 到达的概率为 10%,票价 2 元。

②方式2。出租车,18 min 到达的概率为 80%,28 min 到达的概率为 20%,费用 14 元。

③方式3。私家车,除了行驶时间,考虑寻找车位、停车时间等。20 min 到达的概率为 70%,30 min 到达的概率为 30%,费用由整个出行过程产生的油耗、停车等构成,总费用为 10 元。

下面采用本文方法对出行方式进行分析。由于出行者不同的心理参照点会造成不同的出行方式的选择,这里全面分析不同参照点下的出行方式选择问题。

4.1 行程时间前景分析

本例中行程时间可能出现的情景为 $S^t = \{18, 20, 28, 30, 45\}$ 。不同出行方式下各情景出现的概率矩阵如表1所示。

表1 不同出行方式下各行程时间情景出现的概率

P_{ij}	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
A_1	0	0	0	0.9	0.1
A_2	0.8	0	0.2	0	0
A_3	0	0.7	0	0.3	0

按照本文方法计算行程时间对前景的价值 EV_{jt} ,不同行程时间参照点(根据案例情景值,这里参照点范围选取 15 min 至 50 min)下各出行方式的前景值如图2所示。其中:虚线为前景价值的拟合曲线,方式1的前景值拟合曲线方程为 $y_1 = -0.0219x_1^2 + 2.5924x_1 - 64.219$,拟合度 $R^2 = 0.9973$;方式2的拟合曲线方程为 $y_2 = -0.0131x_2^2 + 1.5975x_2 - 30.409$, $R^2 = 0.9951$;方式3的拟合曲线方程为 $y_3 = -0.017x_3^2 +$

$$1.9272x_3 - 38.86, R^2 = 0.9949.$$

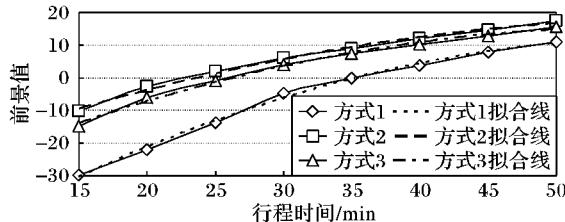


图2 不同行程时间下各出行方式的前景值对比

4.2 出行费用前景分析

同样,计算出行费用对前景值的价值,不同出行费用参照点下各出行方式的前景值如图3所示。其中:方式1的前景值拟合曲线方程为 $y_1 = -0.0103x_1^2 + 0.9169x_1 - 1.7315, R^2 = 0.9997$;方式2的拟合曲线方程为 $y_2 = -0.0179x_2^2 + 1.5437x_2 - 25.225, R^2 = 0.9999$;方式3的拟合曲线方程为 $y_3 = -0.0382x_3^2 + 2.2933x_3 - 19.992, R^2 = 0.9961$ 。

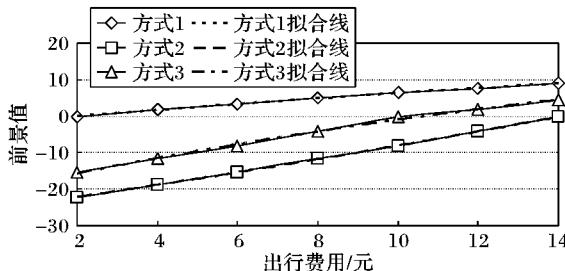


图3 不同出行费用下各出行方式的前景值对比

4.3 综合前景值

在不同行程时间参照点与出行费用参照点下计算各出行方式的综合前景值,这里取 $w_1 = 0.6, w_2 = 0.4$,结果如图4所示。从三维曲面图中可以看出当行程时间与出行费用参照点发生变化时,3种出行方式的前景值变化一致。在曲面上有一处很明显凹陷,说明在此凹陷范围内3种出行方式的前景值一致性出现突然性下降,这个区域内即行程时间参照值约为30 min至40 min并且出行费用参照点约为8元至12元之间时,出行者选择的出行方式距离个人的预期值最远。

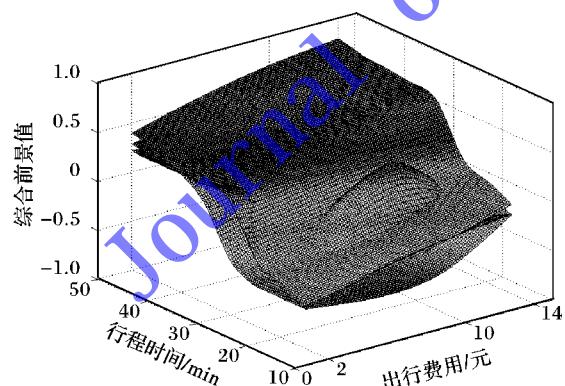


图4 不同参照点下各出行方式的综合前景值

为更清晰看到各种出行方式的具体变化情况,取出行费用参照点分别为 $K_2 = 2, 10, 14$ 时的截面图,如图5~7所示。

由图5~7可以看出:当 $K_2 = 2$ 时,行程时间参照点在超过42 min后出行方式1的综合前景值最大,而在 $15 \leq t < 42$ 时,方式2与方式3的综合前景值差别不大,但均高于方式1;当 $K_2 = 10$ 时,行程时间参照点在 $15 \leq t < 40$ 时,方式3的综合前景值最大,行程时间参照点在 $40 < t \leq 50$ 时,方式1的综

合前景值最大;当 $K_2 = 14$ 时,行程时间参照点在 $15 \leq t < 45$ 内方式3的综合前景值最大, $45 \leq t < 50$ 内方式1综合前景值最大。综上所述,这说明当决策者在对行程时间要求较低的小范围内,会选择出行方式1即公交车出行;出租车与私家车出行方式的综合前景值的变化趋势一致,并且在很大参照点范围内相差不大,但是参照点范围内多数情况下私家车的综合前景值高于出租车,因此大多数人会选择私家车出行。这一分析结果与实际相符,也恰好是现实中私家车越来越多的现象的一种解释。

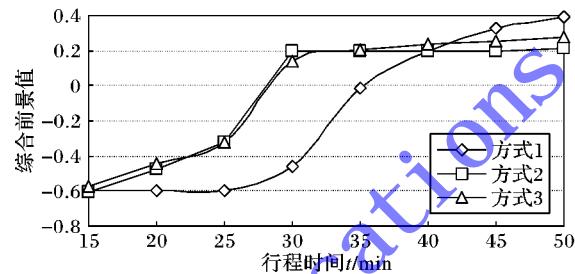


图5 $K_2 = 2$ 时不同行程时间下各出行方式的综合前景值对比

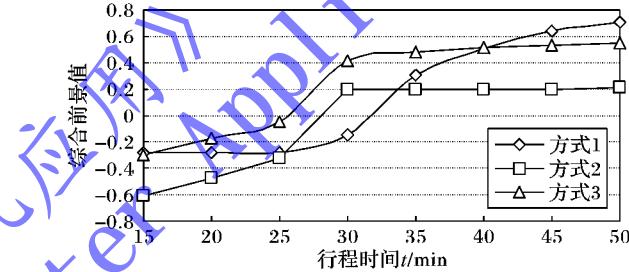


图6 $K_2 = 10$ 时不同行程时间下各出行方式的综合前景值对比

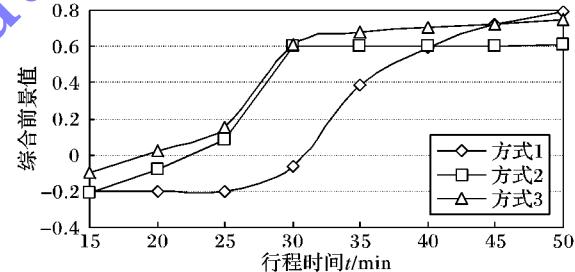


图7 $K_2 = 14$ 时不同行程时间下各出行方式的综合前景值对比

5 结语

本文基于前景理论研究了居民出行方式选择问题,结论可以看出人们在实际出行时,个人期望参照点对出行方式的选择有很大影响,不同行程时间及出行费用期望值下会有不同的出行方式选择,并且基于前景理论的出行方式选择方法能够分析出行指标与出行方式前景值之间的关系与变化。本文方法分别考虑行程时间与出行费用两种指标,能够直观分析行程时间与出行费用对出行方式选择的影响,这与已有的研究将两个指标合为一个综合指标考虑不同。并且本文方法很容易发现离出行者期望较远的指标范围,可以帮助出行者调整参照点以获得更好的满意度。这种分析方法更符合出行者的心理,为预测居民出行方式选择提供了一种新途径,该方法能够辅助分析客运交通管理政策变化下出行者行为的变化以及对优化居民出行方式结构、改善城市交通拥堵也具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] YANG L, ZHAO P. Travel mode choice model accounting for indi-

- vidual preference heterogeneity and correlation among choice alternatives [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2012, 48(6): 1009 – 1015. (杨励雅, 赵鹏军. 考虑偏好差异与备选方案相关性的居民出行方式选择模型[J]. 北京大学学报, 2012, 48(6): 1009 – 1015.)
- [2] ZHU S, DENG S, WANG H, et al. Predictive Logit model of trip mode with fuzzy attribute variables [J]. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2013, 13(3): 71 – 78. (朱顺应, 邓爽, 王红, 等. 具有模糊特性变量的出行方式预测 Logit 模型[J]. 交通运输工程学报, 2013, 13(3): 71 – 78.)
- [3] WAN X, WANG W, CHEN J. Research on dynamic model of within-day travel mode choice of residents [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2012, 25(2): 121 – 126. (万霞, 王炜, 陈峻. 居民全日出行方式选择动态模型研究[J]. 中国公路学报, 2012, 25(2): 121 – 126.)
- [4] LUO Q Y, YANG Y S, SUN B F. Integrated decision-making of resident travel mode and route based on prospect theory [C]// Proceedings of the 2011 International Conference on Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2011: 1822 – 1825.
- [5] ZEISBERGER S, VRECKO D, LANGER T. Measuring the time stability of prospect theory preferences [J]. *Theory and Decision*, 2012, 72(3): 359 – 386.
- [6] HJORTH K, FOSGERAU M. Using prospect theory to investigate the low marginal value of travel time for small time changes [J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2012, 46(8): 917 – 932.
- [7] SHIN D, RYU H, KIM N, et al. Modeling of a human decision-making process with prospect theory [C]// Cross-Cultural Design: Methods, Practice, and Case Studies. Berlin: Springer, 2013: 459 – 466.
- [8] HENDERSON V. Prospect theory, liquidation, and the disposition effect [J]. *Management Science*, 2012, 58(2): 445 – 460.
- [9] HU X, WANG J, SUN G. Traveler's mode choice behavior analysis under bounded rational [J]. *Journal of Harbin Institute of Technology*, 2011, 43(12): 114 – 118. (胡晓伟, 王健, 孙广林. 有限理性下出行者方式选择行为[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2011, 43(12): 114 – 118.)
- [10] ZHANG X, FAN Z. Method for risky hybrid multiple attribute decision making based on prospect theory [J]. *Journal of Systems Engineering*, 2012, 27(6): 772 – 780. (张晓, 樊治平. 基于前景理论的风险型混合多属性决策方法[J]. 系统工程学报, 2012, 27(6): 772 – 780.)
- [11] ZHANG B, JUAN Z, NI A. The applicability of prospect theory in travel behavior research [J]. *Journal of Beijing Institute of Technology*, 2013, 15(1): 54 – 62. (张波, 雍志才, 倪安宁. 前景理论在出行行为研究中的适用性[J]. 北京理工大学学报, 2013, 15(1): 54 – 62.)
- [12] TIMMERMANS H. Relevance of prospect theory to transport choice modeling: a rejoinder [J]. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2012, 12(4): 459 – 462.
- [13] de MORAES RAMOS G, DAAMEN W, HOOGENDOORN S. Expected utility theory, prospect theory, and regret theory compared for prediction of route choice behavior [J]. *Transportation Research Record*, 2011, 2230: 19 – 28.

(上接第 737 页)

- [8] LIU H, CHEN J, XU X. Web information extraction based on template flow configuration [J]. *Computer Engineering*, 2008, 34(20): 55 – 57. (刘辉, 陈静玉, 徐学渊. 基于模板流程配置的 Web 信息抽取[J]. 计算机工程, 2008, 34(20): 55 – 57.)
- [9] LI S, WANG H, YU S, et al. Research on maximum entropy model for keyword indexing [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2004, 27(9): 1192 – 1197. (李素建, 王厚峰, 俞士汶, 等. 关键词自动标引的最大熵模型应用研究[J]. 计算机学报, 2004, 27(9): 1192 – 1197.)
- [10] LIN Y, LIU Y, ZHOU S, et al. Using hidden Markov model for text information extraction based on maximum entropy [J]. *Acta Electronica Sinica*, 2005, 33(2): 236 – 240. (林亚平, 刘云中, 周顺先, 等. 基于最大熵的隐马尔可夫模型文本信息抽取[J]. 电子学报, 2005, 33(2): 236 – 240.)
- [11] LU H, CAO C, WANG S. Implementation of a meta-property based quantity attribute-value extraction system [J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2010, 47(10): 1741 – 1748. (卢汉, 曹存根, 王石. 基于元性质的数量型属性值自动提取系统的实现[J]. 计算机研究与发展, 2010, 47(10): 1741 – 1748.)
- [12] WANG Y, TAN S, LIAO X, et al. Extended domain model based named attribute extraction [J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2010, 47(9): 1567 – 1573. (王宇, 谭松波, 廖祥文, 等. 基于扩展领域模型的有名属性抽取[J]. 计算机研究与发展, 2010, 47(9): 1567 – 1573.)
- [13] DONG Y, LI Q, DING Y, et al. Constrained conditional random fields for semantic annotation of Web data [J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2012, 49(2): 361 – 371. (董永权, 李庆忠, 丁艳辉, 等. 基于约束条件随机场的 Web 数据语义标注[J]. 计算机研究与发展, 2012, 49(2): 361 – 371.)
- [14] LI T, LIU L, ZHAO D, et al. Eliciting relations from requirements text based on dependency analysis [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2013, 36(1): 54 – 62. (李天颖, 刘磷, 赵德旺, 等. 一种基于依存文法的需求文本策略依赖关系抽取方法[J]. 计算机学报, 2013, 36(1): 54 – 62.)
- [15] YANG S, LIN H, HAN Y. Automatic data extraction from template-generated Web pages [J]. *Journal of software*, 2008, 19(2): 209 – 223. (杨少化, 林海略, 韩燕波. 针对模板生成网页的一种数据自动抽取方法[J]. 软件学报, 2008, 19(2): 209 – 223.)
- [16] ARASU P, GERCA-MOLINA P. Extracting structured data from Web pages [C]// Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. New York: ACM Press, 2003: 337 – 348.
- [17] ZHAO HK, MENG W Y, WU Z H, et al. Fully automatic wrapper generation for search engines [C]// Proceedings of the 14th International Conference on World Wide Web. New York: ACM Press, 2005: 66 – 75.
- [18] SIMON K, LAUSEN G. ViPER: augmenting automatic information extraction with visual perceptions [C]// Proceedings of the 14th ACM International Conference on Information and Knowledge Management. New York: ACM Press, 2005: 381 – 388.
- [19] LIU B. Mining the Web [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009: 12 – 42. (刘兵. Web 数据挖掘[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 12 – 42.)