

行程时间价值研究综述

邵长桥, 陈映临

(北京市交通工程重点实验室(北京工业大学), 北京 100124)

摘要: 行程时间价值是交通设施投资评价与交通拥挤收费政策分析的一项重要基础参数,因此,基于国内外相关研究文献系统性地归纳了其研究进展与困境,为进一步探索适用于我国的行程时间价值研究做出铺垫.在此基础上,重点介绍了行程时间价值的定义、理论、计算方法和影响因素等,对研究中存在的问题进行了分析;最后,总结了我国行程时间价值研究中应注意的问题,并对研究存在的问题和方向给出了建议.

关键词: 行程时间价值; 时间分配理论; 节省时间

中图分类号: U 491

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2018)03-0417-07

doi: 10.11936/bjutxb2017040048

Review of Study on Valuation of Travel Time

SHAO Changqiao, CHEN Yilin

(Beijing Key Laboratory of Transportation Engineering (Beijing University of Technology), Beijing 100124, China)

Abstract: Valuation of travel time as a basic parameter is important to transport facility investment appraisal and traffic congestion toll policy analysis. This comprehensive review of existing studies at home and abroad show the achievements and dilemmas to initiate a further exploration on valuation of travel time applied in China. Based on the review, this paper emphatically introduced the concept, theory, estimation methods, influencing variables which are significant for the study of travel time value. Also, problems in measurement of travel time value were presented. Finally, the issues and research directions were recommended, and attention that need to be paid to in the future study were also summarized.

Key words: value of travel time; time allocation theory; travel time saving

行程时间价值(value of travel time, VTT)是交通工程中的一个非常重要的参数,也是交通设施投资效益分析和评价的基础.研究表明,节省行程时间带来的经济效益占交通运输项目收益的25%以上,最高甚至达到80%^[1-2].行程时间价值分析对评价项目的效益和项目规模起着关键作用.此外,行程时间价值还是交通行为分析和预测的基础^[1].众所周知,居民的出行方式和出行路线不仅受到可达性的制约,还与行程时间和出行费用有关,构成了交通拥挤收费政策的基础^[3].正是由于

上述重要作用,许多学者对行程时间价值展开了持续性研究^[2-12].随着我国社会经济的发展,私家车拥有量不断增长,道路拥挤问题日益突出,公交优先、拥挤收费等交通需求管理策略日益受到青睐,作为评价上述政策的重要基础参数,行程时间价值的计算方法也引起了人们的重视.对行程时间价值的研究不仅可为科学、合理地评价交通投资项目的经济效益提供基础参数,还可为拥挤收费等交通政策的制定提供科学依据.

相对于国外研究而言,我国对居民行程时间

收稿日期: 2017-04-27

基金项目: 国家“973”计划资助项目(2012CB723303)

作者简介: 邵长桥(1972—),男,副教授,主要从事交通流理论、道路通行能力、交通数据分析方面的研究, E-mail: shaocq@bjut.edu.cn

价值的研究相对较少. 本文结合国内外研究成果, 对行程时间价值研究现状进行了总结, 可为进一步在我国开展行程时间价值研究提供借鉴和指导.

1 行程时间价值的经济学理论基础

1.1 行程时间价值的定义

时间是一种特殊的资源, 其本身是有价值的, 其价值体现在经济活动中. 人们的经济活动消耗的资源不仅有物质资源, 还有时间资源. 按照西方经济学价值理论, 所消耗的时间若用于生产活动中便可创造商品价值, 这是时间价值定义的本质. 研究者从不同的角度给出了时间价值的定义: 对于经济活动而言, 时间价值可以定义为由于时间的非生产性消耗造成的效益损失量的货币表现^[2]; 对于出行者来说, 时间价值可定义为出行者愿意为节省单位行程时间所支付的金钱^[5,6]. DeSerpa^[5] 基于时间分配理论对时间价值概念进行了研究, 定义了 3 种时间价值: 第 1 种是作为资源的时间价值 (value of time as a resource, VTR); 第 2 种是作为商品的时间价值 (value of time as a commodity, VTC); 第 3 种是节省时间价值 (value of time savings, VTS), 即从事某项活动所消耗的时间小于期望时间而产生的时间价值. 研究中也指出了行程时间价值是一种节省时间价值, 这一概念被广大研究人员所接受^[1,7].

总结这些定义, 行程时间价值是节省交通出行时间、提高行程时间利用效率所能带来的经济效用, 可用关于时间和工资的函数简单表示为

$$V = U(T, I) \quad (1)$$

式中: V 为行程时间的效用; T 为可用时间; I 为收入.

1.2 行程时间价值经济学理论基础

行程时间价值的理论基础是新古典经济学的的时间分配理论. 其从单个消费者经济行为的角度, 阐述了行程时间价值的经济学含义. Becker^[7] 首次提出用时间分配理论来计算时间价值, 通过假设个人的活动受到时间和收入的约束, 得到了时间价值等于工资率的结论. Johnson^[8] 在 Becker 工作的基础上, 将时间划分为工作时间、行程时间和休闲时间 3 类, 得出了行程时间价值低于工资率的结论, 并对工作行程时间价值和非工作行程时间价值进行了讨论. DeSerpa^[5] 则首次清晰地对时间价值给出了经济学解释, 明确了行程时间价值是节省时间价值. Becker 和 DeSerpa 的工作奠定了时间价值的理论基

础. 该理论可用式 (2) ~ (5) 描述.

效用函数

$$V = \max_{p_i, t_i} U = U(p_i, t_L, t_i) \quad (2)$$

约束条件

$$p_i + wt_w + p_L = I + I_a \quad [\lambda] \quad (3)$$

$$t_i + t_w + t_L = T \quad [\mu] \quad (4)$$

$$t_i \geq \bar{t}_i \quad [k_i] \quad (5)$$

式中: p_L 为用于购买“商品”的费用, 元; p_i 为选择出行方式 i 的费用, 元; t_L 为休闲时间, h; t_i 为选择出行方式 i 的行程时间, h; w 为工资水平, 元/h; t_w 为工作时间, h/d; I 为工资收入, 元/d; I_a 为非工资收入, 元/d; $\bar{t}_i$ 为选择出行方式 i 出行的最小消耗时间, h; T 为可用时间, h; λ 为收入乘子, 表示收入的边际效用; μ 为时间资源乘子, 表示时间的边际效用; k_i 为活动 i 减少的时间带来的边际效用, 称为时间节约边际效用.

拉格朗日函数为

$$L = U(p_i, t_L, t_i) + \lambda(wt_w - p_L - p_i) + \mu(T - t_L - t_i - t_w) + k_i(t_i - \bar{t}_i) \quad (6)$$

一阶条件为

$$\frac{\partial U}{\partial p_L} = \lambda \quad (7)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_L} = \mu \quad (8)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_i} = \mu - k_i \quad (9)$$

按照 DeSerpa^[5] 的定义, VTT 为

$$\frac{k_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial t_i} \quad (10)$$

式中: $\frac{k_i}{\lambda}$ 为愿意支付的 VTT; $\frac{\mu}{\lambda}$ 为 VTR; $\frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial t_i}$ 为 VTC.

为了应用上述理论框架研究时间价值及人们的出行行为, 研究人员推导出效用函数表达式^[9], 应用一阶泰勒展开式

$$U \approx c + \frac{\partial U}{\partial x}x + \frac{\partial U}{\partial p_i}p_i + \frac{\partial U}{\partial t_i}t_i \quad (11)$$

来表达近似效用函数. 式中: c 为常数项; x 为与选择方式有关的特性变量.

把式 (7) ~ (9) 和约束条件 (3) ~ (5) 代入式 (11) 整理得到

$$V_i = c - \lambda p_i - k_i t_i \quad (12)$$

根据上面的推导, 可得到

$$VTT_i = \frac{k_i}{\lambda} = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial p_i} \quad (13)$$

式(13)给出的时间价值是在假设行程时间和出行费用的边际效用为常数的基础上得到的. 在这种假设下,时间价值为常数. 而越来越多的研究表明,时间价值并不是常数^[9-10]. 这意味着效用函数要比线性函数复杂得多,也为时间价值的理论研究拓展了新的方向.

2 行程时间价值的计算

各国学者在时间价值度量和计算方面做了大量的研究工作,给出了不同的计算方法. Becker^[7]基于时间价值分配理论,提出用工资率估计时间价值. 英国学者 Wardman^[4]对时间价值的研究进行了汇总,认为小时工资率可用于确定时间价值. 文献[11-12]基于效用函数理论,给出了行程时间计算模型. 除此之外,我国的研究人员也对行程时间价值计算方法进行了研究^[13-15]. 总结国内外的研究,行程时间计算方法主要有以下3种.

1) 工资率法(或收入法)

工资率法假设节省行程时间可以用于工作而生产出更多的产品. 因此,行程时间价值可用平均工资来估计,等于年平均工资除以年平均工作时间,即

$$VTT = \frac{INC}{T} \quad (14)$$

式中:VTT为行程时间价值,元/h;INC为个人年均收入,元/a; T 为个人年均工作时间,h.

由于节省的行程时间通常不会完全用于工作,故由式(14)计算的行程时间价值是偏高的. 针对这点,世界银行南亚地区报告建议行程时间价值可用城市居民工资的40%~50%来估计. 更多的研究认为,行程时间价值与出行者从事的活动有关,应用工资率法估计行程时间价值时,应考虑出行目的、行程时间、出行者特性、行程时间的灵活性和出行条件等来进行修正,行程时间价值约为工资率的20%~100%^[1,16-18]. 还有文献[1,14]对工资率法提出了质疑,认为边际工资率是不可观测的,平均工资率只是行程时间的一个粗略估计.

2) 费用法

费用法假设出行者是理性的且对行程时间价值非常敏感. 因此,对于出行者来说,行程时间和出行成本可以相互替代,即在起讫点确定的条件下,出行者会选择“费用较高、行程时间较短”或“费用较低、行程时间较长”两者之一的出行方式. 从这个角度考虑,行程时间价值可以用以上2种方式的出行费用与出行时间节省量的比值

$$VTT = \frac{C_2 - C_1}{t_1 - t_2} = \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad (15)$$

来表示. 式中: C_i 为采用出行方式*i*所消耗的费用, $i=1,2$; t_i 为采用出行方式*i*所消耗的时间, $i=1,2$.

根据经济消费理论,如果节省的出行费用和出行时间的比率高于一特定值,出行者会更加不在乎出行时间的延长而放弃较为快速(例如开车出行)的出行方式,转而选择经济实惠但耗时长的方式(例如公交出行)^[12].

文献[19]基于私家车出行费用调查数据对行程时间价值进行了研究,结果表明出行目的、行程时间的节省等对行程时间价值影响较大,等待时间或步行时间是导致时间价值计算误差较大的原因.

3) Logit 方法

假设个人选择出行方式*i*时所获得的效用为 U_i ,根据效用最大化理论,选择方案*i*的条件为

$$U_i > U_j, \forall j \neq i, j \in A \quad (16)$$

将 U_i 分解为非随机部分 $V_i(x_i)$ (称为固定效用)和随机部分 ε_i (称为随机效用),并假设

$$U_i = V_i(x_i) + \varepsilon_i \quad (17)$$

则个人选择出行方式*i*的概率为

$$p_i = \frac{\exp[V_i(x_i)]}{\sum_{j \in A} \exp[V_j]} \quad (18)$$

代入式(12)可得出出行方式*i*的时间价值. 更为一般的,假设固定效用函数为费用和时间的线性函数

$$V_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}p_i + \beta_{2i}t_i \quad (19)$$

则可得到行程时间价值为

$$VTT = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial p_i} = \frac{\beta_{2i}}{\beta_{1i}} \quad (20)$$

Logit 模型是研究和估计行程时间价值最常用的方法^[1,11-12]. 该方法可通过调查出行者的意愿揭示出行者的偏好,并应用统计分析方法计算行程时间价值. 因此,该方法又称为意愿支付法. Logit 模型的计算结果受到众多因素(如出行者收入、出行方式舒适度、行程时间、出行费用)的影响,如何选择模型变量是应用该方法的关键.

研究者们围绕着 Logit 模型参数估计方法、模型变量选择、时间价值估计等进行了大量研究,并取得了众多成果^[3,17,19-23]. 例如,文献[20-21]应用混合 Logit 模型估计行程时间价值,文献[3,17,22-23]则对行程时间价值进行了实证研究.

3 行程时间价值影响因素

3.1 行程时间价值影响因素

行程时间价值影响因素研究主要分为理论研究和实证分析. 理论研究主要是基于时间分配理论, 通过建立不同条件下的时间约束和收入约束, 研究时间价值的影响因素. 文献[7,9,24]提出了时间(工作时间与行程时间)对个人活动的影响, 建立了相应的分析模型; 文献[1,7]从理论上分析了行程时间、个人社会经济特征对时间价值的变异影响. 实证分析则通过实验方法, 应用调查数据来验证不同的因素对时间价值的影响^[4-5,25-27]. Wardman^[4]研究了 GDP、出行距离、出行目的对行程时间价值的影响, 指出行程时间价值每年增加 1%, 则相对于出行距离的弹性系数为 0.2; 通勤的行程时间价值比以娱乐为目的的行程时间价值高 25%. 文献[28-31]研究了行程时间随机性和可靠性对时间价值的影响, 认为行程时间可靠性是影响出行方式和出行路线选择的重要因素.

时间价值原本是一个经济学的概念, 在分析人的行为时间价值问题上, 存在更多不确定性因素. 从实际的出行情景中提炼对行程时间价值影响较大的因素, 对其进行定性定量分析, 并用于模型修正, 能够使行程时间价值的估计值更贴合真实情况. 目前, 理论研究成果已经颇为丰富, 实证分析考虑的侧重不同, 不够全面且少有验证. 通过研究上述文献, 可以总结出影响行程时间价值的主要影响因素有: 出行者特性、出行特性、出行方式与服务水平、经济发展水平和出行可靠性, 具体如下.

1) 出行者特性. 其主要包括出行者性别、职业、家庭结构(有无孩子)、收入(家庭收入)、是否拥有驾驶证、是否退休(有无工作)、是否拥有私家车、居住位置、居住区人口密度等因素. 此外, 出行者健康状况也是影响行程时间价值的重要因素.

2) 出行特性. 其主要包括出行目的和出行距离. 出行目的主要有上下班、上下学、送(进)货、出差、购物、文化娱乐、看病、探亲访友等. 一般而言, 商业行程时间价值高于通勤出行; 工作行程时间价值高于娱乐出行; 出行迫切性和重要性高的行程时间价值要高于普通行程时间价值^[5]. 此外, 出行距离的长短影响节省的时间价值.

3) 出行方式与服务水平. 不同出行方式的行程时间、费用、舒适度与服务水平之间有较大差异^[1,5,32], 这些差异导致了行程时间价值随出行方式

和服务水平的不同而变化. 以往的研究往往关注行程费用和时间等因素的影响, 而对舒适性等服务水平差异的影响研究较少. 近年来, 出行方式的舒适度(服务水平、道路拥挤程度)对时间价值的影响日益受到关注^[33].

4) 经济发展水平. 一个地区的经济发展水平会影响该地区居民的消费水平, 特别是 GDP 的增长与生产效率的提高会导致行程时间价值的增加^[5,34-35]. 此外, 地区经济发展水平不同也会导致不同地区出行者的时间价值不同^[5].

5) 出行可靠性. 早期的研究往往把出行可靠性作为出行方式和出行路线选择的重要影响因素来考虑. 随着人们对时间价值的认识和重视程度越来越高, 研究人员提出了用出行可靠性价值来分析出行可靠性对出行的影响, 并日益受到关注^[28-31]. 出行可靠性价值在一定程度上度量了行程时间可靠性对出行者的影响, 也反映了出行者对可靠性的重视.

3.2 行程时间价值影响因素的修正

影响行程时间价值的因素较多, 有些是线性的, 有些是非线性的. 已有的研究主要考虑了影响因素的线性影响, 对非线性影响研究较少. 在已有的研究中, 出行效用函数表示为费用和时间的线性函数, 影响因素对模型的修正也主要考虑了线性影响的部分. 如何量化并考虑因素的非线性影响是需要进一步研究的内容.

从影响因素修正的角度来看, 式(19)中, β_{0i} 、 β_{1i} 、 β_{2i} 分别代表出行方式 i 的服务水平参数、费用参数、时间参数. 文献[14]指出, 应考虑出行者经济水平的影响, 将函数修正为

$$V_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}p_i + \beta_{2i}t_i + \beta_{3i}f_i(s) \quad (21)$$

$$\begin{cases} f_1(s) = \alpha_{11} \ln s + \alpha_{21} \\ f_2(s) = \alpha_{12}s^2 + \alpha_{22}s + \alpha_{32} \\ f_3(s) = \alpha_{13}s + \alpha_{23} \end{cases} \quad (22)$$

式中: β_{3i} 为经济水平参数; $f_i(s)$ 为出行方式 i 的出行效用关于出行者收入水平 s 的函数; $i = 1, 2, 3$ 分别代表出行方式为小汽车、公共交通、自行车或步行; α_{1i} 、 α_{2i} 、 α_{3i} 为收入的待估参数.

对修正模型的应用, 可根据调查数据采用最大似然估计法^[24]进行标定, 估计出各修正因子的值, 再代回式(20)计算出不同出行方式的时间价值.

除此之外, 对一些对行程时间价值影响较大的因素(例如拥堵、出行可靠性、行程时间的随机性等)的研究依然停留在定性分析阶段, 如何考虑并量化这些因素的影响是需要进一步研究的内容.

3.3 行程时间价值特点

根据行程时间价值影响因素及已有的研究成果,可归纳出以下行程时间价值的特点^[1,2,5]。

1) 双效用性。双效用性是指出行影响因素对时间价值具有双重影响作用。当出行能给出行者带来愉悦时,则产生正效用,时间价值增加;相反,当出行者满意度较低时,则产生副效用,时间价值就降低。同样,距离适中的出行可能产生正效用;长途出行容易造成疲劳,产生副效用。双效用性特点决定了在分析行程时间价值时应考虑交通设施提供的服务水平、出行可靠性、出行距离等^[1,5]。

2) 动态性。动态性是指行程时间价值随时间变化的特性。随着GDP的增加和生产效率的提高,居民收入水平相应增加,导致居民行程时间价值增加。因此,以时间价值为基础的道路收费政策也应随之调整以满足交通调控的目的^[1,9]。

3) 区域性。区域性是指不同地区由于经济发展水平不同而存在差异。一般而言,经济发达地区的居民行程时间价值明显高于不发达地区。不同区域文化差异也是导致行程时间价值差异的原因。因此,要谨慎处理行程时间价值模型和结论的可移植性问题。

4) 不唯一性。行程时间价值受到出行者特征、出行特性等因素的影响,不同出行者的时间价值是不一样的^[1,5](有的文献称为非同质性);出行价值的目的性、双效用性、区域性等特点也决定了行程时间价值不是单一的。因此,在实际应用中,应考虑其分布特点,特别是不同出行群体的时间价值^[36]。

行程时间价值的特点与其影响因素密切相关。因此,在研究和应用时间价值时应充分考虑时间价值的特性以及对决策的影响。

4 结论

国外对行程时间价值的研究起步较早,研究成果比较成熟。总结国内外已有的研究成果,特别是国外分析行程时间价值时考虑的影响因素,可为在我国开展行程时间价值研究提供很好的借鉴。归纳起来,以下问题值得注意:

1) 研究的方法。已有研究主要是基于效用最大化理论,该方法的一个重要假设是出行者是“理性人”,对出行情景是完全了解的。该理论难以刻画出行者面临的实际行程时间、出行费用的约束影响。此外,私人小汽车进入我国普通居民家庭时间不长,私人小汽车拥有者往往过多依赖小汽车这种出行方

式,其出行行为难以用“理性”描述。

因此,应考虑出行者选择不确定性的研究方法,使出行时间价值估计更切合实际。

2) 争论性问题。尽管国内外学者对时间价值的研究取得了一些重要成果,但至今还没有给出一个统一的定义,在实际应用中仍有些问题存在争议。例如:已有研究强调节省时间对经济的影响,而对节省时间量(出行距离)的影响研究较少;不同群体的行程时间价值的计算应有所区别,比如货车驾驶人和销售人员的行程时间价值应与上班通勤人员的行程时间价值计算有所不同。对于前者,其出行和工作是相同的,建议用时间成本法更好;对于后者,则支付意愿法(Logit方法)比较适合。

3) 建立出行链情景。已有研究往往是针对单目标出行或者单一出行方式的情景,而出行链情景下的时间价值研究还是空白。

在出行链情景下,出行目的或出行方式可能不只一个,其影响因素则更加复杂。建立出行链情景能够全面统一地考虑更多情况,还原出行者在面对选择时的实际感受,对研究出行行为和出行时间价值有很大帮助,建议进一步研究。

4) 影响因素。在引入国外研究成果的时候,应当注意以下影响因素。

首先,考虑到我国经济相对于西方国家还很落后,各个地区经济发展不平衡,地区间时间价值差异较大,区域性研究结果可移植性不高,因此,各个区域的经济文化对行程时间价值的影响需要更多实证研究。

其次,不同群体收入差距相对较大,因此,对不同收入群体需要分别分析,然后再确定其时间价值。

再次,政府补贴、单位交通补贴等也会对行程时间价值有所影响,而过往研究中并未加以考虑。例如,北京公共交通补贴使得地铁成为既廉价又节省时间、出行可靠性高的出行方式,依据地铁出行数据计算的结果难以反映出行真实的时间价值;同样,单位提供交通补贴或报销燃油费也影响了行程时间价值。

另外,在我国交通拥堵日益严重的情况下,出行可靠性和服务水平对出行方式选择起着重要作用。已有研究发现,当出行者使用的出行方式可靠性越高,其时间价值越高。而分析行程时间价值与可靠性时间价值两者关系的研究还停留在理论探索阶段,仍需要进一步深入研究。

此外,步行时间、候车时间和换乘时间对出行方

式选择影响较大,也缺少定量分析,如何在模型中考虑上述因素影响也是值得研究的问题。

5) 结果验证. 尽管国内外学者对行程时间价值理论和方法进行了大量研究,但对其结论的正确性很少检验. 由于行程时间价值往往是根据调查数据和模型计算得到的,难以验证其可靠性,所以多数的实证研究往往基于具体的 SP(stated preference) 或 RP(revealed preference) 数据展开,缺乏相互验证,因此,建议未来研究更多地考虑这一点。

参考文献:

- [1] MACKIE P J, JARA-DÍAZ S, FOWKES A S. The value of travel time savings in evaluation [J]. *Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review*, 2001, 37(2/3): 91-106.
- [2] 周伟. 旅客时间价值[J]. *交通运输工程学报*, 2003, 3(3): 110-116.
ZHOU W. Time value of passengers[J]. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2003, 3(3): 110-116. (in Chinese)
- [3] LAM T C, SMALL K A. The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment [J]. *Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review*, 2001, 37(2/3): 231-251.
- [4] WARDMAN M. The value of travel time a review of British evidence[J]. *Journal of Transport Economics & Policy*, 1998, 32(3): 285-316.
- [5] DESERPA A C. A theory of the economics of time[J]. *Economic Journal*, 1971, 81(324): 828-846.
- [6] JIANG M, MORIKAWA T. Theoretical analysis on the variation of value of travel time savings[J]. *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, 2004, 38(8): 551-571.
- [7] BECKER G S. A theory of the allocation of time[J]. *Economic Journal*, 1965, 75(299): 493-517.
- [8] JOHNSON M B. Travel time and the price of leisure[J]. *Economic Inquiry*, 1966, 4(2): 135-145.
- [9] BLAYAC T, CAUSSE A. Value of travel time; a theoretical legitimization of some nonlinear representative utility in discrete choice models [J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2001, 35(4): 391-400.
- [10] DE LAPPARENT M, DE PALMA A, FONTAN C. Non-linearities in the valuation of time estimates [C] // *Publication of Association for European Transport*. London: Association for European Transport, 2002: 1-20.
- [11] MCFADDEN D L. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior [M] // *New York: Frontiers in Econometrics*, 1974: 105-142.
- [12] BEN-AKIVA, MOSHE E. *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*[M]. Cambridge: MIT Press, 1987.
- [13] 王海洋, 周伟, 王元庆. 旅客行为时间价值确定方法研究[J]. *公路交通科技*, 2004, 21(8): 134-137.
WANG H Y, ZHOU W, WANG Y Q. Research on methods for value of time determination for passenger behavior [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2004, 21(8): 134-137. (in Chinese)
- [14] 赵淑芝, 赵贝. 多因素影响下的城市居民出行行为时间价值[J]. *吉林大学学报(工学版)*, 2011, 41(1): 46-50.
ZHAO S Z, ZHAO B. Value of travel time of urban resident under multifactor influence[J]. *Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition)*, 2011, 41(1): 46-50. (in Chinese)
- [15] SHAO C Q, LIU Y, LIU X M. Valuation of travel time savings in viewpoint of WTA [J]. *Computational Intelligence & Neuroscience*, 2014, 2014 (299): 305285.
- [16] GRONAU R. Economic approach to value of time and transportation choice [J]. *Transportation Research Record*, 1976, 587: 1-5.
- [17] CALFEE J, WINSTON C. The value of automobile travel time: implications for congestion policy[J]. *Journal of Public Economics*, 1998, 69(1): 83-102.
- [18] SMALL K A. The scheduling of consumer activities: work trips[J]. *American Economic Review*, 1996, 72(72): 467-479.
- [19] BATES J J. Measuring travel time values with a discrete choice model: a note[J]. *Economic Journal*, 1987, 97(386): 493-498.
- [20] HESS S, BIERLAIRE M, POLAK J W. Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models[J]. *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, 2005, 39(2/3): 221-236.
- [21] MCFADDEN D, TRAIN K. Mixed MNL models for discrete response[J]. *Journal of Applied Econometrics*, 2000, 15(5): 447-470.
- [22] BROWNSTONE D, SMALL K A. Valuing time and reliability: assessing the evidence from road pricing demonstrations [J]. *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, 2005, 39(4): 279-293.
- [23] BROWNSTONE D, GHOSH A, GOLOB T F, et al.

- Drivers' willingness-to-pay to reduce travel time: evidence from the San Diego I-15 congestion pricing project [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 2003, 37(4): 373-387.
- [24] EVANS A W. On the theory of the valuation and allocation of time [J]. Scottish Journal of Political Economy, 1972, 19(1): 1-17.
- [25] LYONS G, CHATTERJEE K. A human perspective on the daily commute: costs, benefits and trade-offs [J]. Transport Reviews, 2008, 28(2): 181-198.
- [26] AXHAUSEN K W, HESS S, KÖNIG A, et al. Income and distance elasticities of values of travel time savings: new Swiss results [J]. Transport Policy, 2008, 15(3): 173-185.
- [27] ABRANTES P A L, WARDMAN M R. Meta-analysis of UK values of travel time: an update [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 2011, 45(1): 1-17.
- [28] BATES J, POLAK J, JONES P, et al. The valuation of reliability for personal travel [J]. Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review, 2001, 37(2/3): 191-229.
- [29] ZHENG L, HENSHER D A, ROSE J M. Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: a review and some new empirical evidence [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2010, 46(3): 384-403.
- [30] CARRION C, LEVINSON D. Value of travel time reliability: a review of current evidence [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 2012, 46(4): 720-741.
- [31] FOSGERAU M, KARLSTRÖM A. The value of reliability [J]. IEEE Power Engineering Review, 2007, 44(1): 5-9.
- [32] 赵胜川, 王喜文, 姚荣涵, 等. 基于 Mixed Logit 模型的私家车通勤出行时间价值 [J]. 吉林大学学报(工学版), 2010, 40(2): 406-411.
- ZHAO S C, WANG X W, YAO R H, et al. Value of driver commuting travel time based on Mixed Logit Model [J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2010, 40(2): 406-411. (in Chinese)
- [33] BHAT C R. Accommodating variations in responsiveness to level-of-service measures in travel mode choice modeling [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 1998, 32(7): 495-507.
- [34] DOUGLAS N J, KARPOUZIS G. Tracking the value of rail time over time [C] // Proceedings of the 34th Australasian Transport Research Forum (ATRF). Adelaide: Australasian Transport Research Forum (ATRF), 2011: 1-17.
- [35] STIGLER G J. The theory of price [M]. New York: Macmillan, 1966.
- [36] BÖRJESSON M, FOSGERAU M, ALGERS S. Catching the tail: empirical identification of the distribution of the value of travel time [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 2012, 46(2): 378-391.

(责任编辑 梁洁)