How Does Bike-sharing Affect the Value of Travel Time Saving?

Sherry Song[1,a]
[1]Beijign Jiaotong University, Beijing, China
[a]16120524@bjtu.edu.cn
*Sherry Song

Keywords: VTTS, Bike-sharing, SP.

Abstract. The value of travel time saving attaches a monetary value to travel time savings. In urban traffic, it is a one of central concepts for transport policy. After the birth of bike sharing in China, bike sharing has played an important role in commute, and the value of travel time savings has also changed. This paper establishes a random utility function model, we calculate the value of time savings in different scenarios, and we analyses the disctinction of the VTTSs of different travel modes, according to our result of models, the suggestions will be given for urban traffic construction in Beijing to improve commute efficiency base on the result of this empirical study.

共享单车对出行时间节约价值的影响研究

宋诗羽[1, a]
[1]北京交通大学经济系，北京，中国
[a]16120524@bjtu.edu.cn
*宋诗羽

关键词: 时间节约价值; 共享单车; 陈述性偏好研究

中文摘要. 时间节约价值指通勤者节省的出行时间的货币价值，在城市交通中，是衡量城市交通情况的一个重要数据，对分析城市交通拥堵、制定缓解拥堵政策具有参考意义。随着共享单车融入通勤者的交通生活中，北京市通勤者的出行时间节约价值也发生了改变，本文通过建立随机效用模型，利用对北京市通勤者的陈述性偏好调查数据，计算有无共享单车的情景的时间节约价值，分析共享单车对时间节约价值的影响，并以此为北京市交通政策提供建议。

1. 引言

时间节约价值常用于交通的成本效益评估，特别是对新交通设施的研究，因为新的交通设施建设会带来较大的时间节约价值收益，因此研究时间节约价值十分有必要。2016年，共享单车成为中国交通领域的热点名词，在北京市，共享单车的覆盖面积和使用频率快速上升，改变了通勤者的出行结构，同时也改变了通勤者的出行时间节约价值。

对于时间节约价值的研究从经济学家Becker提出时间分配理论开始，Becker（1965）定义时间价值为将该段时间用于工作所获得的报酬。但是Becker只考虑将时间分配给出行和工作两种情况。在此基础之上，De Sperpa（1971）基于时间分配理论总结了3种时间价值：资源的时间价值（value of time as a resource，VTR）——有效时间的边际效用和收入的边际效用之比；商品的时间价值（value of time as a commodity，VTC）——花费在这项活动上的时间的边际

Copyright © 2019, the Authors. Published by Atlantis Press.
This is an open access article under the CC BY-NC license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

效用与收入的边际效用之比；节约的时间价值（value of time saving，VTTS）——时间节省的边际效用与收入的边际效用之比。后来的研究更多采用节约的时间价值的算法来测定时间价值。

目前，国内外学者对出行时间节约价值的测算的相关文献有很多，对于时间节约价值的测定大多采用实证研究的方法，通过对出行人的出行成本及出行时间的调查，计算出行人的出行时间节约价值（Lam和Small，2000；Grange等，2014；Baqueri等，2016）。实证方法主要有显示性偏好调查（Revealed Preferences,RP）和陈述性偏好调查（Stated Preference,SP）两种方式。SP实验通过调查问卷进行情景模拟，计算受访者的出行时间节约价值。SP实验较为灵活，且可以解决心理变量的衡量问题。为了解共享单车出现之前通勤者的出行方式选择情况，本文采用SP调查方式，设计了没有共享单车和有共享单车两个情景，获得北京市通勤者的选择情况。

北京是中国的首都、直辖市和国家中心城市，下辖地区包括6个市区、8个郊区、2个郊县，面积达1.641万平方千米，城市面积大，人口数量多，通勤方式覆盖私家车、公交、地铁等。尤其在2016年后，共享单车在北京市迅速发展。根据《共享单车与电动自行车停放》阶段性报告显示，北京市 现有共享单车数量达220万辆。因此，北京市的通勤情况适合对出行方式选择研究提供样本。

综上所述，本文将在以往研究的基础上，利用随机效用模型和时间节约价值理论计算有无共享单车情景下出行时间节约价值，并对两种情景下的时间解决价值进行比较分析。接下来，本文将会在第二部分介绍随机效用模型和时间节约价值理论；第三部分介绍时间节约价值估计的结果；第四部分基于整个研究的数据分析结果得出结论，并为北京市城市交通提供建议。

2．模型

通过对时间节约价值的计算方法进行研究对比，为了计算出共享单车、共享单车+公共交通这两种出行方式的时间节约价值，本文选择了在建立随机效用模型的基础上计算时间节约价值。

2.1 随机效用模型

时间价值衡量的过程中主要有两个难点：一是出行行为的选择大多是离散的，不能用最小二乘法回归。第二，研究者不能观测到所有影响通勤者选择的因素。为解决这些问题，Daniel McFadden提出了随机效用理论，理论假设我们只能观察出部分影响个体选择的因素，其他的效用是无法观测的，但是这些效用是符合一定分布的，其表达式为：

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \tag{1}$$

其中，参数U代表通勤者的总效用，V_{in} 为可观测到的特性变量计算的固定项，即可观测效用; ε in为不能观测到的其他因素的影响及已有变量的偏差引起的随机项。可观测的部分代表效用中具有群体同质性的特质，也称为系统性效用。而不可观测的效用表现为具有个体异质性的部分，代表个体不可观察的偏好，最小二乘法规定，不可观测的部分同系统性效用不相关。

根据效用最大化理论，当一个出行方式带来的效用大于其他选项的时候，人们才会选择这个出行方式，即选择出行方式i的概率为：

$$P_{in} = Prob（U_{in} > maxU_{jn}；i \neq j。j \in A_n） \tag{3}$$

其中，J为通勤者 n 的可选择出行方式总数，i和j为出行方式。当(3)式成立时，通勤者会选择第i种出行方式。假设式 (1) 中 ε_{in}和V_{in}相互独立，且 ε_{in}服从具有相同参数二重指数分

布（Gumbel Distribution），根据 2 个独立同分布的二重指数分布变量之差服从逻辑斯蒂分布（Logistic Distribution）的性质。（4）式可以推导为：

$$P_{in} = \frac{\exp(\beta V_{in})}{\sum_{A_j \in A(n)} \exp(\beta V_{in})} \tag{4}$$

2.2 时间节约价值测算模型

时间节约价值模型认定人的时间是有限的，并且人们追求时间分配的效用最大化，而时间是稀缺的，假设通勤者的日常效用均来自于消费、出行和休闲，那么他的效用水平可以表示为：

$$\mathrm{U} = \mathrm{V}(\mathrm{q}, \mathrm{L}, \mathrm{T}) \tag{5}$$

其中U为总效用，q为消费产品，L为休闲时间，T为出行时间。出行时间对效用的影响途径有两个，分别为休闲时间的边际效用VL、出行时间的直接边际效用VT，因此，出行时间的总边际效用为：

$$\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{T}} = \mathrm{VT} - \mathrm{VL} \tag{6}$$

当收入边际效用为V_Y时，时间节约价值的公式可以描述为：

$$\mathrm{VOT} = \frac{\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{T}}}{\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{Y}}} = \frac{VT - VL}{VY} \tag{7}$$

在随机效用理论的基础上，可以对通勤者的时间节约价值进行测算。对于出行方式i来说，通勤者的效用可以表示为：

$$U_{bn} = V_b(x_b) + \varepsilon_{bn} \tag{8}$$

而其中可观测效用V的参数包括出行时间、出行成本、出行距离、工作弹性与通勤者的一些社会经济学变量，因此，通勤者的效用公式可以写为：

$$U_{in} = \beta_t * T + \beta_c * C + \beta_d * D + \beta_i * I + \beta_v * V + + \varepsilon_{bn} \tag{9}$$

其中，β_t、β_c、β_d分别是是出行时间、出行成本、出行距离的估计参数,β_i为收入的参数，β_v是私家车保有量参数。不考虑其他的收入情况，收入的边际效用应该等于出行成本的边际效用，所以在线性效用模型中，时间节约价值等于出行时间参数与出行成本参数之比，即：

$$\mathrm{VOT} = \frac{\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{T}}}{\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{Y}}} = \frac{\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{T}}}{\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{C}}} = \frac{\beta_t}{\beta_c} \tag{10}$$

3．数据分析

3.1 数据来源

本文的调查对象确定为北京市通勤者，调查范围为北京市内六区。此次SP实验采取线上与线下发放问卷的方式。问卷包括三部分内容：第一部分是对通勤者出行情况调查，包含12个问题，比如出行拥堵情况、出行时间与出行成本等；第二部分为情景模拟，分别为没有共享单车情景下出行时间和出行成本改变情况，如表一所示，例如情景一是指在现有出行时间和出行成本的条件下将出行时间减少30%，成本增加15%之后的情况。受访者根据自己的出行情况，在以下情境中选择行为模式，行为模式共有两种，保持现在的出行情况，或者选择给出的情景的出行情况；问卷的第三部分为通勤者的社会经济学特征。

表1　情景设计情况

	没有共享单车（情景一）			有共享单车（情景二）		
	1	2	3	4	5	6
出行时间（分）	-30%	-20%	-10%	-30%	-20%	-10%
出行成本（元）	+15%	+30%	60%	+15%	+30%	60%

本次调查共收集有效问卷531份，为了计算各种出行方式的时间节约价值，本文根据受访者的出行方式将数据分为5组，分别用二元logit模型进行估算，分别是：私家车、步行+公共交通、电动车、出租车、共享单车、共享单车+公共交通。这六种出行方式的占比情况如表2所示。

表2　出行方式分布

	没有共享单车（情景一）		有共享单车（情景二）	
	频数	占比	频数	占比
私家车	171	32.2%	187	22.8%
步行+公共交通	209	40.5%	212	25.8%
电动车	96	18.1%	115	14.0%
出租车	49	9.2%	46	5.6%
共享单车	-	-	68	8.3%
共享单车+公共交通	-	-	193	23.5%

3.2　数据分析结果

本文使用SPSS数据分析软件，对收集来的数据进行处理分析，分别对应情景一与情景建立二元选择模型，再根据公式（9）计算两种情景下的时间节约价值。

3.2.1模型结果

（1）没有共享单车的情景一

在没有共享单车时，结果如下表1所示。情景一中共有四种出行方式，本文分别就四种方式进行二元回归，估计出行时间、出行成本的参数，同时加入了出行距离、收入、私家车保有量三种变量，如表所示，表格中每个参数后括号内为值各参数的sig.值。

表3　MNL模型参数估计结果（情景一）

	私家车	步行+公共交通	电动车	出租车
常数项	-3.053（0.000）	3.053（0.000）	-2.799（0.015）	-2.145（0.001）
出行时间	-0.018（0.000）	-0.028（0.000）	-0.018（0.000）	-0.119（0.000）
出行成本	-0.025（0.016）	-0.073（0.016）	-0.110（0.177）	-0.128（0.000）
出行距离	-0.013（0.023）	-0.023（0.023）	-0.0160（0.569）	-0.010（0.634）
收入	0.026（0.832）	-0.026（0.832）	-0.768（0.000）	0.147（0.242）
私家车保有量	1.750（0.022）	-1.750（0.022）	-1.890（0.074）	-0.604（0.287）

出行时间、出行成本、私家车保有量的显著性较强，并且出行时间与出行成本在四种出行方式中参数均为负值，这表明了随着出行时间与出行成的增加，通勤者的出行效用普遍是下降的。同时，私家车和步行+公共交通两个模型中，出行距离是显著的，且参数为负，这表明，在这两种出行过程中，随着距离的增加，通勤者的效用也是减少的。电动车出行中，收入是显著的，且系数为负，这表明高收入人群在使用电动车过程中效用水平要低于低收入水平的通勤者，者可能是由于高收入人群在出行时会受到自尊心、社会标准等心理因素的影响。

（2）有共享单车的情景二

在存在共享单车的情景中，共有六种出行方式，本文对这六种出行方式均做了回归，自变量的参数与情景一中模型相同，估计结果如表四所示。

表4　MNL模型参数估计结果（情景二）

	私家车	步行+公共交通	电动车	出租车	共享单车	共享单车+公共交通
常数项	-0.338 （0.437）	3.631 （0.000）	1.455 （0.107）	0.604 （0.647）	1.735 （0.031）	3.372 （0.000）
出行时间	-0.030 （0.089）	-0.225 （0.006）	-0.037 （0.034）	-1.073 （0.042）	-0.032 （0.002）	-0.041 （0.068）
出行成本	-0.046 （0.000）	-0.912 （0.000）	-0.330 （0.032）	-1.162 （0.005）	-0.465 （0.029）	-0.210 （0.001）
出行距离	0.013 （0.197）	-0.296 （0.033）	0.057 （0.403）	0.147 （0.096）	-0.236 （0.142）	-0.703 （0.000）
收入	-0.066 （0.534）	-0.781 （0.515）	-0.235 （0.087）	-0.173 （0.938）	0.227 （0.063）	0.224 （0.023）
私家车保有量	1.036 （0.002）	-1.292 （0.000）	-0.567 （0.075）	-0.476 （0.231）	-0.873 （0.002）	-1.134 （0.000）

相较于情景一，出行时间与出行成本依然显著，且系数为负，而出行距离对私家车出行不再显著，但是对步行+公共交通和共享单车+公共交通显著，并且显著的系数为负，这表明含有公共交通的出行方式中，通勤者的效用会随出行距离的增加而降低。另外，收入对选择电动车、共享单车+公共交通的通勤者来说是显著影响的，且随着收入的增加，他们的效用水平会降低。

私家车保有量这一参数对除了电动车和出租车之外的交通方式都有显著影响，并且对私家车模型中参数系数为正，其他均为负，这表明随着私家车保有量的增加，选择私家车出行的通勤者效用会上升，而选择公共交通与共享单车的通勤者效用会降低。这可能是因为私家车保有量的增加对于选择非私家车出行的通勤者来说是机会成本的增加，选择了其他交通方式，就等于放弃了私家车出行带来的效用。而选择私家车的通勤者来说，更多的私家车保有量使他们的选择范围更广，因此带来的效用也更高。

3.2.2时间节约价值测算

本段关于时间节约价值的计算是基于时间节约价值的模型公式，根据3.2.1中估算的各种出行方式下两种情景的效用模型参数，计算各自的出行时间节约价值。问卷设计中出行时间单位为分，出行价格为元，为了方便对比分析，本文在计算过程中将出行时间节约价值的单位转化成元/小时。时间节约价值的估算结果如表5所示。

表5　估计的时间节约价值

	无共享单车	有共享单车
私家车	43.2yuan/h	39.1 yuan/h
步行+公共交通	23.0yuan/h	14.8yuan/h
电动车	9.8yuan/h	6.7yuan/h
出租车	55.7yuan/h	55.4yuan/h
共享单车	-	4.1yuan/h
共享单车+公共交通	-	11.7yuan/h

根据表5的内容，我们发现，选择共享单车出行和共享单车+公共交通两种出行方式的通勤者的时间节约价值比其他出行方式更小，即选择含有共享单车出行方式的通勤者对减少一小时出行时间所愿意花费的价格更低。时间节约价值描述了通勤者对时间的重视程度，是时间的货币价格，选择共享单车的通勤者愿意为时间付出的价格低于其他出行方式说明共享单车这种出行方式出现后，使通勤者认为减少出行时间带来效用的增加程度降低，这可能是因为出行舒适度上升，或者出行的总体时间相对减少导致的。出行时间越短，减少单位出行时

间增加的边际效用递减，共享单车出现后，取代一部分步行，会使得通勤者的出行总时间降低，此时的边际效用就会小于共享单车出现前的水平，因此时间节约价值较小。这也解释了共享单车+公共交通的时间节约价值小于步行+公共交通的情况。

所有出行方式中，出租车出行的通勤者时间节约价值最高，且在共享单车出现后，出租车通勤者的时间节约价值并没有太大变化。这比较符合实际，因为出租车出行在价格上会更高，在时间上会更短，这也表明选择出租车出行的通勤者通常对时间都较为敏感。并且，出租车通勤通常是招手即停，随乘随走的情况，一般不会受到共享单车的影响。

在没有共享单车作为选项的情景下，选择私家车、步行+公共交通、电动车的通勤者的时间节约价值普遍高于情景二，原因可能是共享单车的出现使得公众对时间的敏感性下降，愿意花费更少的成本以减少出行的时间。一方面，共享单车的存在在一定程度上缓解了交通拥堵问题，使通勤者出行的时间缩短。另一方面，新的交通方式产生，使得交通需求在交通资源之间的分配更加合理，转换更加方便，也有利于通勤者选择最合理的出行方式。

4．结论

本文利用对北京市通勤者的SP调查数据，建立了多个通勤者出行效用模型，利用分类数据对不同模型进行对比估算，计算出通勤者的时间节约价值，为分析共享单车对时间节约价值的影响提供数据支撑。本文的研究结果显示，影响通勤者出行效用的因素包括出行时间、出行成本、出行距离、收入、私家车保有量。随着出行时间、出行成本与出行距离的增加，通勤者的出行效用降低，随着收入水平的上升，选择电动车、共享单车+公共交通的通勤者效用下降，随着汽车保有量的上升，选择私家车的通勤者出行效用上升，选择非私家车出行方式的通勤者出行效用下降。

对时间节约价值的估算结果显示，共享单车与电动车的时间节约价值较小，步行+公共交通与共享单车+公共交通的时间节约价值近似，私家车的时间节约价值较高，出租车的时间节约价值最高。特别的，共享单车与共享单车+公共交通这两种出行方式的时间节约价值在所有出行方式中处于中下水平，表明使用共享单车通勤者对时间的敏感性较低。而共享单车对时间节约价值的影响体现在，存在共享单车时，私家车、步行+公共交通、电动车的时间节约价值均小于没有共享单车时，但是出租车的时间节约价值没有较大区别。

针对研究结果，在未来北京市的城市交通发展中，可以考虑大更加合理、有序的发展共享单车，在保证供应的情况下，适当调配共享单车的分布于数量，使其能作为新型的城市交通方式，为缓解交通拥堵，改善城市环境做出贡献。另外，类似于交通拥堵费的收费性政策，在制定收费价格时可以参考共享单车出现后的时间节约价值，相较于以往，通勤者对时间的敏感性下降，因此收费水平应该更低一些，使得收费效果能够使交通量达到均衡水平，平衡社会收益与社会成本。

References

[1] Athira I C , Muneera C P , Krishnamurthy K , et al. Estimation of Value of Travel Time for Work Trips[J]. Transportation Research Procedia, 2016, 17:116-123.

[2] Baqueri S F A , Ectors W , Ali M S , et al. Estimation of Value of Time for a Congested Network – A Case Study of the National Highway, Karachi[J]. Procedia Computer Science, 2016, 83:262-269.

[3] Deserpa A C. A Theory of the Economics of Time[J]. Economic Journal, 1971, 81(324):828-846.

[4] Lam T C, Small K A. The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment[J]. Transportation Research Part E, 2000, 37(2):231-251。

[5] Mcfadden D. Disaggregate Behavioral Travel Demand's RUM Side : A 30-Year Retrospective[J].