

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2018.03.012

多因素作用下旅客多模式交通出行时间节省 价值测算与应用

李晓伟^{1,2,3}, 王 炜², 杨 敏², 王 昊², 徐铖铖²

(1. 西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055;

2. 东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096;

3. 西部建筑科技国家重点实验室, 陕西 西安 710055)

摘要:为测算人、车及交通枢纽等多维因素作用下旅客多模式交通时间节省价值,基于活动分析法获取旅客全过程出行RP数据,将传统的普通铁路列车作为参考方式,建立多因素作用下旅客区域多模式交通出行效用与影响因素之间的函数关系模型。根据边际效用递减规律确定旅客区域多模式交通城际出行的时间节省价值计算方法,并将测算结果应用到旅客运输方式选择合理性判定与新建运输方式价格制定。研究结果表明:旅客乘坐飞机、高铁相对于普通铁路列车的时间节省价值分别为60.09元/h和24.18元/h;从综合运输体系多模式交通时间节省价值的角度考虑,年收入在(48 320, 120 180)元,对应的月收入在(4 026, 10 015)元的旅客适宜选择高铁出行,年收入高于120 180元,对应的月收入高于10 015元的旅客适宜选择飞机出行;另外,基于时间节省价值构建了新建运输方式定价公式,应用本研究提出的定价公式测算了武广通道高铁票价,结果表明基于时间节省价值测算确定的高铁票价为441.62元,与现在武广高铁的实际票价463.5元相比,误差率仅为4.72%,说明本研究测算的时间节省价值在新建运输方式定价方面具有较好的科学性和应用价值。研究成果可为我国现代综合运输体系构建过程中多模式交通的定价及资源配置提供较为科学的参考依据。

关键词:交通工程;出行时间节省价值;MNL模型;多模式交通选择合理性判定;价格制定

中图分类号:U491

文献标识码:A

文章编号:1002-0268(2018)03-0086-08

Calculation and Application of Saving Value of Travel time for Traveler Regional Multimode Transport under Multidimensional Factors Influence

LI Xiao-wei^{1,2,3}, WANG Wei², YANG Min², WANG Hao², XU Cheng-cheng²

(1. School of Civil Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an Shaanxi 710055, China;

2. School of Transportation, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210096, China;

3. State Key Laboratory of Architecture Science and Technology in West China, Xi'an Shaanxi 710055, China)

Abstract: To calculate traveller saving value of travel time for multimode transport under the influence of multi-factor including people, vehicles and transport hubs etc., the activity analytical method is used to obtain the RP data of traveller's overall-process travel. Taking traditional train taken as the reference, the model of functional relation among traveller's regional multi-mode travel utility and influencing factors under multi-factor effect is built. Based on the rule of marginal utility diminishing, the calculation method for time saving value of traveller's regional multi-mode inter-city transport is confirmed, and the calculation result is applied into reasonability judgment of traveller's transport mode choice and pricing of new transport mode. The

收稿日期:2017-01-12

基金项目:国家自然科学基金项目(51338003);陕西省自然科学基金青年项目(2017JQ5086);陕西省住房城乡建设科技开发计划项目(2015-K54);陕西省教育厅专项科研计划项目(15JK1403)

作者简介:李晓伟(1985-),男,河南信阳人,博士。(185381729@qq.com)

research result shows that (1) the time saving values of traveller taking plane or HSR is 60.09 yuan/h and 24.18 yuan/h respectively compared with taking ordinary train; (2) from the view of travel-time saving value about multimode transport, those whose annual income is in the range of 48 320 – 120 180 yuan (monthly income is in the range of 4 026 – 10 015 yuan) should take high speed train, and those whose annual income is higher than 120 180 yuan (monthly income is higher than 10 015 yuan) should take airplane. In addition, the pricing formula of the new transport mode is constructed based on the time saving value. The ticket price of high speed train of Wuhan – Guangzhou line is calculated by the proposed pricing formula. The result shows that the error between the ticket price (441.62 yuan) determined based on the calculation of the value of travel-time saving and the actual ticket price (463.5 yuan) of Wuhan – Guangzhou line is only 4.72%, indicating that the value of travel-time saving calculated by the proposed method is of high scientificity and application value to pricing newly-built means of transport. The research result can provide a more scientific reference for the pricing and resource allocation of multimode transport in the process of constructing modern integrated transport system of China.

Key words: traffic engineering; saving value of travel time; MNL model; rationality determination of multimode transport choice; pricing

0 引言

《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要(草案)》提出,今后5年,高铁营业里程将达到3万km,覆盖80%以上的大城市;新建改建高速公路通车里程约3万km;基本贯通沿海高速铁路、沿海高速公路和沿江高速铁路,加快建设沿边公路和沿边铁路;新增民用运输机场50个以上,构建内通外联的运输通道网络;建设现代高效的城际城市交通,打造一体衔接的综合交通枢纽,形成国内国际通道联通、区域城乡覆盖广泛、枢纽节点功能完善、运输服务一体高效的现代综合交通运输体系。在我国多模式综合交通运输体系构建过程中,时间节省效益已成为决定交通运输项目可行与否的重要因素,精确估计旅客时间价值对于我国高速铁路、机场、高速公路的规划设计、可行性论证以及项目后评估具有十分重要的意义^[1]。

时间价值是指由于时间的推移而产生效益增值量和由于时间的非生产性消耗造成的效益损失量的货币表现,乘客时间价值研究起源于城市交通领域,并在城市拥挤收费、出行成本分析、城市交通效率等方面进行了较为丰富的应用,如Becker^[2]首次提出在出行行为分析中研究时间价值的思想,并提出了基于微观经济学的时间配置理论;Mark^[3]应用非集计方法计算时间价值,分析出行耗时、出行费用等对时间价值的影响;赵淑芝^[4]等针对不同方式的出行者,建立了出行效用与影响因素之间的函数关系,提出了居民出行行为时间价值模型计算方法;

王殿海^[5]等针对其非市场商品特性,利用支付意愿法推导出以时间价值为自变量的拥挤成本测算模型,分析时间价值与车内拥挤程度的内在关系;陈岱婉^[6]利用出行时间价值研究城市小汽车出行策略与公共交通出行策略的博弈,对时间价值影响城市交通效率进行了实证分析。

随着我国区域交通的快速发展建设,已有学者开展旅客区域出行时间价值及其应用研究,如周伟^[7]等提出了旅客时间价值概念,主要考虑时间和费用对旅客时间价值的影响,建立了旅客运输方式选择的时间价值模型;陈喜喜^[8]在出行目的、旅客收入等多因素影响下,研究了铁路旅客出行时间价值的确定方法;王茜^[9]考虑高铁为旅客带来的时间价值产生的机会收益,研究了高铁客运票价制定机理;侯云仙^[10]等以北京—太原客运通道为例,通过对不同收入旅客出行交通方式选择进行调查,计算出不同收入旅客的时间价值。张凯焯^[11]等针对“被高铁现象”,根据列车时刻表数据计算出的时间节省的货币成本与小时工资做比较,计算了不同城市的居民“被高铁”的可能性。

通过对上述研究成果的总结分析可知,在我国多方式集成的综合运输网络下,鲜有针对飞机、高铁、普铁、高速巴士等多模式综合交通的出行时间节省价值进行系统研究,同时,现有研究往往只对出行费用、出行时间做变量处理,而忽略了旅客个体属性、出行需求属性、运输方式服务水平和交通枢纽可达性等多维因素的共同作用。鉴于此,本研究结合上述问题,针对飞机、高铁、普铁、高速巴

士4种区域交通模式,研究多维视角下旅客时间价值影响因素,通过旅客出行行为调查和数据的统计,基于非集计方法建立旅客区域多模式交通选择行为决策模型,测算旅客多模式交通出行的时间节省价值,为多模式交通协同配置和票价制定提供参考。

1 旅客出行时间节省价值确定机理与方法

1.1 理论依据

在运输过程中,不同运输对象的时间价值是不同的,假如对一个消费者来说,时间与货币是可以互换的,那么根据消费者行为理论,决定其消费模式的重要因素就是消费者本人的兴趣或偏好,不同的偏好将产生不同的消费决策,这种偏好在西方经济学中可用“效用”的概念来描述,效用所反映的是消费者在消费过程中主观上获得的满意感,并不表示产品(或时间)的客观属性,因此同一种产品或活动,其效用的有无或大小因人、因时、因地而不同。在消费活动中,时间价值是一种机会效益,其定量测算就有一定困难,按照消费者行为理论,可将人们的各种活动,如工作生产、休闲消费等构造为一个效用函数,不同的生产和消费的组合将导致效用值的变化。根据消费者行为最大化原理,消费者总是在一定的限制条件下,按照总效用最大的情况来选择消费活动的组合方式,因此,可以依据这一原理来确定各种活动的时间价值^[7]。

将这一理论应用于旅客区域交通出行决策的研究,就可以对区域多模式交通出行决策进行一个理性分析。旅客的出行需支付货币成本和时间成本,货币成本表现为旅客乘坐运输工具所支付的费用,时间成本是旅客乘坐运输工具所消耗的时间。货币和时间都是人们掌握的资源,可以给人们带来效用;而当有不同的运输方式可供选择时,货币和时间二者是可以相互替代的,比如乘坐高铁,可以节省时间,但要付出较高的货币成本,乘坐普通列车,所需时间较长,但货币成本较低。为把时间成本用价值量来衡量,经济学家常以单位时间节省价值进行表征,即指旅客在运输过程中由于单位时间的节省(或延误)而产生的经济效益。根据上述分析可知,虽然每个人每天都有24 h的时间,但时间价值却有很大的不同,时间价值高的人愿意多支付货币成本来节省时间,时间价值低的人愿意多花些时间来节省货币,而人们的决策目标都是自身效用的最大化。因此,通过计算多因素作用下旅客时间节省价值,再与小时工资(时间价值)做比较,就可以判断什

么收入水平的人乘坐该种运输方式是合理还是不合理^[11],同时也可新建交通设施运输票价制定提供一定的依据。

1.2 模型构建

目前应用最为广泛的出行时间价值计算方法有3种,分别是生产法、收入法和非集计模型^[12]。生产法适用于反映工作时间(或生产时间)出行客流群的时间价值,即对工作出行较适用;收入法适用于反映个人收入支付出行费用客流群的时间价值,对非工作(或非生产)出行较适用;由于影响时间价值因素的多样化以及时间价值本身的复杂性,故对时间价值的确定分析上,应在抽象化、简单化、普遍化的基础上进行;非集计模型能够考虑出行过程多维因素对时间价值的影响,且能充分考虑时间价值的上述特征,因此本研究采用非集计模型研究旅客区域多模式交通出行时间节省价值,研究流程如图1所示。

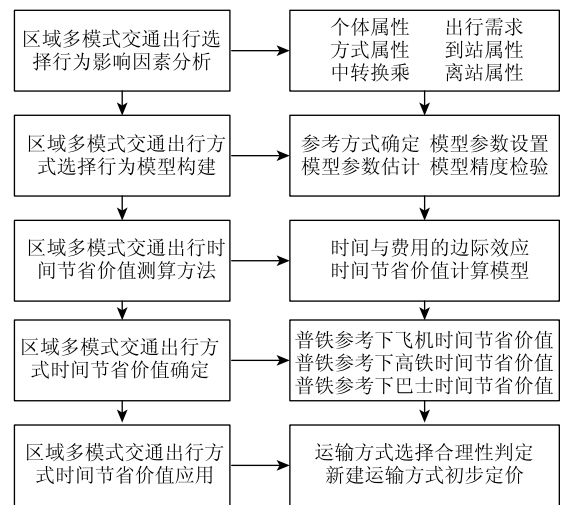


图1 研究流程

Fig. 1 Research process

非集计模型以随机效用函数理论为基础,根据随机效用最大化理论,旅客 n 选择 i 类运输方式的概率可表示为^[13-14]:

$$P_{in} = \text{Prob}(U_{in} > \max U_{jn}; i \neq j, j \in A_n), \quad (1)$$

式中 U_{in} 为旅客 n 选择 i 类运输方式的效用函数,其表达式为:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}, \quad (2)$$

式中, V_{in} 为可观测到的特性变量计算的固定项; 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。

假设式(2)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,可推导描述旅客 n 选择 i 类运输方式概率的表达式为:

$$P_{in} = \exp(V_{in}) / \sum_{i \in C_n} \exp(V_{in}), \quad (3)$$

式中, P_{in} 为旅客 n 选择 i 类运输方式的概率; C_n 为旅客 n 的可选择运输方式集合。

本研究中有4种交通模式,分别为飞机($i=1$)、高铁($i=2$)、高速巴士($i=3$)、普通铁路列车($i=4$),将旅客常用的交通运输方式—普通铁路列车作为参考方式,则飞机、高铁、高速巴士选择概率与普通铁路列车选择概率的函数关系为:

$$\ln \frac{P_1}{P_4} = V_1, V_1 = \beta_{10} + \beta_{11} \cdot x_{11} + \beta_{12} \cdot x_{12} + \sum_{k=3}^m \beta_{1k} \cdot x_{1k}, \quad (4)$$

$$\ln \frac{P_2}{P_4} = V_2, V_2 = \beta_{20} + \beta_{21} \cdot x_{21} + \beta_{22} \cdot x_{22} + \sum_{k=3}^m \beta_{2k} \cdot x_{2k}, \quad (5)$$

$$\ln \frac{P_3}{P_4} = V_3, V_3 = \beta_{30} + \beta_{31} \cdot x_{31} + \beta_{32} \cdot x_{32} + \sum_{k=3}^m \beta_{3k} \cdot x_{3k}, \quad (6)$$

式中, P_1, P_2, P_3, P_4 分别为飞机、高铁、高速巴士、普通铁路列车选择概率; V_1, V_2, V_3 分别为飞机、高铁、高速巴士与普通铁路列车的效用函数差; $\beta_{10}, \beta_{20}, \beta_{30}$ 分别为效用函数 V_1, V_2, V_3 的常量; $\beta_{11}, \beta_{21}, \beta_{31}$ 分别为效用函数 V_1, V_2, V_3 中运行时间的估计参数; $\beta_{12}, \beta_{22}, \beta_{32}$ 分别为效用函数 V_1, V_2, V_3 中出行费用的估计参数; $\beta_{1k}, \beta_{2k}, \beta_{3k}$ 分别为效用函数 V_1, V_2, V_3 中其他变量的估计参数。

根据边际效用递减规律,旅客乘坐飞机、高铁、高速巴士相对于普通铁路列车的时间节省价值 Vot (1), Vot (2), Vot (3)计算公式为^[15]:

$$Vot(1) = \frac{\partial V_1 / \partial x_{11}}{\partial V_1 / \partial x_{12}} = \frac{\beta_{11}}{\beta_{12}}, \quad (7)$$

$$Vot(2) = \frac{\partial V_2 / \partial x_{21}}{\partial V_2 / \partial x_{22}} = \frac{\beta_{21}}{\beta_{22}}, \quad (8)$$

$$Vot(3) = \frac{\partial V_3 / \partial x_{31}}{\partial V_3 / \partial x_{32}} = \frac{\beta_{31}}{\beta_{32}}. \quad (9)$$

1.3 特性变量选择

旅客的时间节省价值受多种因素的影响,本研究结合旅客区域全过程出行影响因素分析,从到站、中转换乘、城际出行、离站全过程的视角确定

了旅客出行决策的多维影响因素^[16],包括到站属性、中转换乘属性、方式属性及离站属性。个体属性选取性别、年龄、职业、收入和有车无小汽车5个变量;出行属性选取出行目的、出行距离2个变量;到离站属性选取到离站时间、到离站费用等变量;中转换乘属性选取中转换乘时间变量,该变量包括旅客的等待时间;运输方式属性不仅包括传统的运行时间、出行费用2个变量,还包括舒适性、安全性、准时性等感知性变量,通过李克特量表法确定,本研究选择的特征变量能够较为全面地体现旅客实际出行的决策过程,变量的具体定义如表1所示^[17]。

2 时间节省价值的实测分析

2.1 问卷调查

本次乘客方式选择行为调查于京沪通道沿线机场、高铁站、火车站、公路客运站进行旅客乘车选择行为随机抽样调查,共计发放问卷2000份,回收有效问卷1766份,调查数据显示,样本中男女比例分别为57%和43%,94%的旅客年龄分布在(0, 50]岁,有私家车旅客在总出行中的比例占25.5%,样本整体数据分布较为均衡。旅客个体属性等特征与运输方式选择的交叉表如表2所示。

2.2 计算结果

运用SPSS软件进行参数标定,将运输方式作为因变量,各影响因素作为自变量,以普通铁路列车作为参考方式,采用向前递进法进行参数估计,确定旅客区域多模式选择行为模型的显著性参数估计结果见表3~表5所示。其中,模型变量的选择根据显著性水平 S_{ig} 确定,如果 $S_{ig} < 0.05$ 说明该变量对旅客出行选择行为有影响,应纳入旅客选择行为模型中;反之,应予以剔除。表3~表5中, β 为变量系数, $Wald$ 为统计量, S_{ig} 表示统计量的显著性水平^[17]。

根据表3~表5参数估计结果,可知:

$$\ln \frac{P_1}{P_4} = -8.913 - 1.322x_{11} + 0.022x_{12} + 0.193x_{14} + 0.523x_{15} + 0.003x_{16} + 0.916x_{17}, \quad (10)$$

$$\ln \frac{P_2}{P_4} = -6.703 - 0.411x_{21} + 0.017x_{22} + 0.293x_{23} + 0.186x_{24} + 0.694x_{27} + 0.385x_{28} + 0.355x_{29}, \quad (11)$$

$$\ln \frac{P_3}{P_4} = 4.188 - 0.183x_{34} - 0.397x_{35} - 0.002x_{36} - 0.455x_{38} - 0.493x_{39}. \quad (12)$$

表 1 特性变量定义
Tab.1 Definitions of characteristic variables

类别	变量名称	变量取值
个体属性	性别	1: 男; 2: 女
	年龄/岁	1: (0, 20]; 2: (20, 30]; 3: (30, 40]; 4: (40, 50]; 5: (50, 60]; 6: (60, +∞);
	职业	1: 企业人员; 2: 机关事业单位; 3: 个体户; 4: 务工人员; 5: 学生
	月收入/元	1: (0, 3 000]; 2: (3 000, 4 000]; 3: (4 000, 5 000]; 4: (5 000, 6 000]; 5: (6 000, +∞);
	私家车	1: 有; 2: 无
出行属性	出行目的	1: 商务; 2: 上学; 3: 旅游; 4: 探亲访友; 5: 务工; 6: 返程
	出行距离/km	通过计算出行起讫点之间采用该方式的实际最短距离获取;
到站属性	到站时间/h	1: (0, 0.5]; 2: (0.5, 1.0]; 3: (1.0, 1.5]; 4: (1.5, 2.0]; 5: (2.0, +∞);
	到站费用/元	到站实际费用;
换乘属性	换乘时间/h	1: (0, 0.5]; 2: (0.5, 1.0]; 3: (1.0, 1.5]; 4: (1.5, 2.0]; 5: (2.0, +∞);
方式属性	出行费用/元	旅客城际出行的实际票价;
	运行时间/h	旅客城际出行的实际时间;
	出行方式	1: 飞机; 2: 高铁; 3: 普通火车; 4: 高速巴士
	舒适性	1: 特别不舒适; 2: 不舒适; 3: 一般; 4: 比较舒适; 5: 非常舒适
	安全性	1: 特别不安全; 2: 不安全; 3: 一般; 4: 比较安全; 5: 非常安全
	准时性	1: 特别不准时; 2: 不准时; 3: 一般; 4: 比较准时; 5: 非常准时
离站属性	离站时间/h	1: (0, 0.5]; 2: (0.5, 1.0]; 3: (1.0, 1.5]; 4: (1.5, 2.0]; 5: (2.0, +∞);
	离站费用/元	离站实际费用;

表 2 旅客运输方式选择与主要个体属性特征的交叉表
Tab.2 Cross table between passenger travel mode choice and major personal attribute characters

客运方式		飞机		普铁		高铁		高速巴士	
		样本数	比例/%	样本数	比例/%	样本数	比例/%	样本数	比例/%
性别	1	240	55	329	64	253	55	193	54
	2	197	45	184	36	206	45	164	46
年龄	1	50	11	62	12	74	16	46	13
	2	78	18	200	39	67	15	89	25
	3	105	24	154	30	109	24	82	23
	4	108	25	62	12	103	22	75	21
	5	70	16	26	5	81	18	50	14
	6	26	6	5	1	25	5	14	4
月收入	1	86	17	122	37	109	24	211	59
	2	97	20	49	15	124	27	72	20
	3	107	22	63	19	91	20	40	11
	4	78	16	49	15	94	20	17	5
	5	69	14	46	14	41	9	17	5
私家车	1	186	43	85	17	130	28	49	14
	2	251	57	428	83	329	72	308	86

表 3 区域多模式交通选择行为参数估计 (飞机 VS 普铁)
Tab.3 Parameter estimation of regional multi-model travel choice behavior (plane vs. train)

变量	符号	β	Wald	$S_{ig.}$	Exp (β)	Exp (β) 的置信区间 95%	
						下限	上限
截距	—	-8.913	19.493	0.000	—	—	—
出行时间	x_{11}	-1.322	142.432	0.000	0.267	0.215	0.331
出行费用	x_{12}	0.022	110.606	0.000	1.023	1.018	1.027
年龄	x_{13}	0.279	1.535	0.215	1.322	0.850	2.056
月收入	x_{14}	0.193	2.368	0.042	1.213	0.985	1.529
到站时间	x_{15}	0.523	3.762	0.050	1.687	0.995	2.861
出行距离	x_{16}	0.003	26.990	0.000	1.003	1.002	1.005
安全性	x_{17}	0.916	8.941	0.003	2.498	1.371	4.553
舒适性	x_{18}	0.423	2.015	0.156	1.527	0.851	2.738
准时性	x_{19}	-0.352	1.567	0.211	0.703	0.405	1.221

则相对于普通铁路列车,旅客乘坐飞机、高铁、高速巴士的时间节省价值 $Vot(1)$, $Vot(2)$, $Vot(3)$ 计算结果为:

表4 区域多模式交通选择行为参数估计(高铁VS普铁)

Tab. 4 Parameter estimation of regional multi-model travel choice behavior (high speed rail vs. train)

变量	符号	β	Wald	$S_{ig.}$	Exp (β)	Exp (β) 的置信 区间 95%	
						下限	上限
截距	—	-6.703	36.470	0.000	—	—	—
出行时间	x_{21}	-0.411	74.039	0.000	0.663	0.603	0.728
出行费用	x_{22}	0.017	72.907	0.000	1.017	1.013	1.021
年龄	x_{23}	0.293	5.683	0.017	1.340	1.053	1.705
月收入	x_{24}	0.186	4.537	0.033	1.204	1.030	1.425
到站时间	x_{25}	-0.066	0.193	0.660	0.936	0.696	1.258
出行距离	x_{26}	0.000	0.760	0.383	1.000	0.999	1.001
安全性	x_{27}	0.694	14.632	0.000	2.002	1.403	2.857
舒适性	x_{28}	0.385	5.536	0.019	1.470	1.066	2.026
准时性	x_{29}	0.355	4.799	0.028	1.426	1.038	1.958

表5 区域多模式交通选择行为参数估计(高速巴士VS普铁)

Tab. 5 Parameter estimation of regional multi-model travel choice behavior (high speed bus vs. train)

变量	符号	β	Wald	$S_{ig.}$	Exp (β)	Exp (β) 的置信 区间 95%	
						下限	上限
截距	—	4.188	20.153	0.000	—	—	—
出行时间	x_{31}	-0.002	0.009	0.926	0.998	0.947	1.051
出行费用	x_{32}	0.000	0.007	0.932	1.000	0.996	1.004
年龄	x_{33}	0.015	0.016	0.899	1.016	0.801	1.288
月收入	x_{34}	-0.183	4.459	0.035	0.833	0.703	0.987
到站时间	x_{35}	-0.397	8.028	0.005	0.672	0.511	0.885
出行距离	x_{36}	-0.002	9.509	0.002	0.998	0.997	0.999
安全性	x_{37}	0.097	0.360	0.549	1.102	0.803	1.512
舒适性	x_{38}	-0.455	10.066	0.002	0.635	0.479	0.841
准时性	x_{39}	-0.493	10.447	0.001	0.611	0.453	0.824

$$Vot(1) = \frac{\partial V_1 / \partial x_{11}}{\partial V_1 / \partial x_{12}} = \frac{\beta_{11}}{\beta_{12}} = 60.09 \text{ 元/h}, \quad (13)$$

$$Vot(2) = \frac{\partial V_2 / \partial x_{21}}{\partial V_2 / \partial x_{22}} = \frac{\beta_{21}}{\beta_{22}} = 24.18 \text{ 元/h}, \quad (14)$$

$$Vot(3) = \frac{\partial V_3 / \partial x_{31}}{\partial V_3 / \partial x_{32}} = \frac{\beta_{31}}{\beta_{32}} = 0 \text{ 元/h}。 \quad (15)$$

2.3 模型验证

似然比检验和伪 R^2 通常用来反映模型的拟合优

度和模型的预测精度。模型的全局似然比可以用来反映最终模型的拟合效果是否显著优于只含有常数项的无效模型的拟合效果,模型的拟合信息如表6所示,可知模型中似然比检验的显著水平小于0.01,说明最终模型要优于仅有截距的模型。伪 R^2 可以检验选择行为模型的准确性,这3个指标的值域在0和1之间,且越接近于1,模型的精度越高,从表7可以看出,Cox和Snell检验、Nagelkerke检验、McFadden检验的统计量计算值分别为0.746,0.804,0.521,说明本研究建立的模型具有较高的精度。

表6 模型拟合信息

Tab. 6 Model fitting information

模型	模型拟合标准	似然比检验		
	-2 倍对数似然值	卡方	自由度	显著水平
仅截距	2 628.312	—	—	—
最终	1 258.006	1 370.305	27	0.000

表7 伪 R^2 检验Tab. 7 Pseudo R^2 test

检验方法	统计量计算值
Cox和Snell检验	0.746
Nagelkerke检验	0.804
McFadden检验	0.521

3 时间节省价值的应用研究

3.1 基于时间节省价值的运输方式选择合理性判别

根据调查计算出的旅客单位时间节省价值,与旅客的小时工资进行比较,可确定何等收入的旅客在出行决策时选择该种运输方式的合理性。旅客小时工资,计算公式如下:

$$Vot(0) = \frac{Income}{T}, \quad (16)$$

式中, $Income$ 为城镇居民年工资收入; T 为城镇居民年工作时间; $Vot(0)$ 为旅客小时工资。

根据式(16),假设一年工作时间以250天计算,一天计8h,则基于单位时间节省价值计算的高铁、飞机旅客对应的年收入和月收入如表8所示。根据表8分析可知,在多模式集成的综合交通网络下,月收入高于4 026元/月,低于10 015元/月的旅客在区域交通出行时应该选择高铁出行,此时其小时工资大于乘坐高铁的单位时间节省价值;同理,

从时间节省价值角度考虑,月收入高于 10 015 元/月的旅客在多模式交通环境下应该选择飞机出行。需要指出的是,本研究计算的旅客收入是基于非集计模型测算的旅客单位时间节省价值与旅客小时工资进行比较,是在抽象化、简单化、普遍化的基础上得出的结论,不具有特殊性。

表 8 时间节省价值对应的旅客年收入和月收入

Tab. 8 Annual income and monthly income of passengers based on time saving value

运输 方式	每年工作天 数/(d·a ⁻¹)	每天工作 时间/h	小时价值/ (元·h ⁻¹)	年收入/ (元·a ⁻¹)	月收入/ (元·d ⁻¹)
飞机	250	8	60.09	120 180	10 015
高铁	250	8	24.18	48 320	4 026

3.2 基于时间节省价值的新建运输方式定价方法

在我国综合运输体系构建过程中,新建运输方式的定价一般采用 2 种方法,一种是基本成本的视角^[9],另一种是基本时间节省价值的视角^[18],本研究主要探讨基于时间节省价值的新建运输方式定价方法。新建运输方式(如高铁)的开通,使得通道内旅客的旅行时间大大降低,节约较多时间,因此新建运输方式的票价可确定为既有普通铁路运输方式的票价与旅行节约时间价值之和,具体公式如式(17)所示。

$$P_{\text{new}} = P_{\text{rail}} + (T_{\text{rail}} - T_{\text{new}}) \times \text{vot}, \quad (17)$$

式中, P_{new} 为新建交通运输方式的票价; P_{rail} 为既有普通铁路的票价; T_{rail} 为既有普通铁路的运行时间; T_{new} 为新建运输方式的运行时间; vot 为新建运输方式相对于普铁的时间节省价值。

为验证本研究提出方法的合理性,以高铁为例进行说明。应用本研究方法测算武广通道高铁票价,并与现有高铁票价进行对比分析,验证本研究方法是否可行。武广高速铁路的开通,使得旅客从武汉到广州的旅行时间由原来的约 13 h 缩短到 4 h,节约时间 9 h,普通铁路列车的客运票价为 224 元/人,所以从时间价值角度考虑的票价为:

$$P_{\text{new}} = 224 + (13 - 4) \times 24.18 = 441.62 \text{ 元}。$$

基于时间节省价值测算确定的票价与现在武广高铁的实际票价 463.5 元相比,误差率仅为 4.72%,说明本研究测算的时间节省价值在新建运输方式定价方面具有较好的科学性和应用性。

4 结论

(1) 传统的旅客时间节省价值研究多集中在城市交通领域,鲜有研究针对区域多模式交通的旅客出行时间节省价值进行研究,本研究基于非集计模型,充分考虑到站、中转换乘、运输方式服务质量、离站等多维因素的影响,系统科学地设计了出行选择行为试验,以传统常用的普通铁路列车作为参考,构建了旅客区域多模式选择行为模型,定量化地测算了旅客多模式交通的时间节省价值。

(2) 与普通铁路列车相比,高铁的时间节省价值为 24.18 元/h,飞机的时间节省价值为 60.09 元/h,将旅客的时间节省价值应用于运输方式选择合理性判别,研究结果表明,一般意义而言,从综合运输体系多模式交通时间节省价值的角度考虑,年收入在(48 320, 120 180)元,对应的月收入在(4 026, 10 015)元的旅客适宜选择高铁出行,年收入高于 120 180 元,对应的月收入高于 10 015 元的旅客适宜选择飞机出行。另外,将旅客的时间节省价值应用于新建运输方式初步定价,给出了新建运输方式的定价公式,通过实例验证分析表明,本研究测算的旅客时间价值具有较高的精度,可为新建运输方式定价提供较为科学的参考依据。

(3) 文中研究的旅客时间节省价值是以普通铁路列车作为参考运输方式,且针对城际出行的时间节省价值,并没有涵盖旅客到站时间、中转换乘时间和离站时间,关于旅客全过程出行时间的节省价值测算会在后续工作中进一步研究。

参考文献:

References:

- [1] 朱达. 基于旅客出行选择的旅行时间价值研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
ZHU Da. Research on Value of Travel Time Based on Travel Decision-making [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2008.
- [2] BECKER G S. A Theory of the Allocation of Time [J]. Economic Journal, 1965, 75 (299): 493-517.
- [3] WARDMAN M. Public Transport Values of Time [J]. Transport Policy, 2004, 11 (4): 363-377.
- [4] 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 Shu-zhi, ZHAO Bei. Value of Travel Time of Urban Resident under Multifactor Influence [J]. Journal

- of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2011, 41 (1): 46–50.
- [5] 王殿海, 叶盈, 朱文韬, 等. 基于条件价值法的公交车内拥挤成本测算模型 [J]. 吉林大学学报: 工学版, 2016, 46 (1): 57–62.
WANG Dian-hai, YE Ying, ZHU Wen-tao, et al. Estimation of Crowding Costs in Bus Based on Contingent Valuation Method [J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2016, 46 (1): 57–62.
- [6] 陈岱婉. 时间价值影响城市交通效率的实证研究 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 38 (10): 136–140.
CHEN Dai-wan. An Empirical Study on Time Value Impact on Urban Transportation Efficiency [J]. Journal of Southwest Normal University: Natural Science Edition, 2013, 38 (10): 136–140.
- [7] 周伟. 旅客时间价值 [J]. 交通运输工程学报, 2003, 3 (3): 110–116.
ZHOU Wei. Time Value of Passengers [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3 (3): 110–116.
- [8] 陈喜春, 张浩玮. 基于出行目的的铁路旅客时间价值研究 [J]. 计算机仿真, 2013, 30 (2): 149–153.
CHEN Xi-chun, ZHANG Hao-wei. Time Value of Railway Passengers Based on Travel Purpose [J]. Computer Simulation, 2013, 30 (2): 149–153.
- [9] 王茜. 基于成本和时间价值的高铁客运票价制定机理研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2014.
WANG Qian. Pricing Mechanism of High-speed Railway Passenger Transport Based on Cost and Time Value [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2014.
- [10] 侯云仙, 杨善奇. 交通方式选择与旅客时间价值研究: 以北京–太原客运通道为例 [J]. 北京交通大学学报: 社会科学版, 2016, 15 (2): 80–88.
HOU Yun-xian, YANG Shan-qi. The Value of Travel Time and Transportation Mode Choice: A Case Study on Beijing-Taiyuan Passenger Transport [J]. Journal of Beijing Jiaotong University: Social Sciences Edition, 2016, 15 (2): 80–88.
- [11] 张凯祥, 孟晓晨. “被高铁”现象的理性分析—以京沪高铁为例 [J]. 地理科学进展, 2016, 35 (4): 496–504.
ZHANG Kai-xiang, MENG Xiao-chen. “Involuntary High-speed Railway Travel”: A Case Study Based on the Beijing-Shanghai High-speed Railway [J]. Progress in Geography, 2016, 35 (4): 496–504.
- [12] 宗芳, 隽志才, 张慧永, 等. 出行时间价值计算及应用研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2009, 9 (3): 114–119.
ZONG Fang, JUAN Zhi-chai, ZHANG Hui-yong, et al. Calculation and Application of Value of Travel Time [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2009, 9 (3): 114–119.
- [13] 关宏志. 非集计模型—交通行为分析的工具 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
GUAN Hong-zhi. Disaggregate Model: A Tool of Traffic Behavior Analysis [M]. Beijing: China Communications Press, 2004.
- [14] 杜强, 贾丽艳. SPSS 统计分析 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011.
DU Qiang, JIA Li-yan. SPSS Statistical Analysis [M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2011.
- [15] WASHINGTON S P, KARLAFTIS M G, MANNERING F. Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis [M]. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- [16] 李晓伟, 王伟, 杨敏, 等. 基于径向基和 Logistic 的民航运输与高铁竞争因素研究 [J]. 深圳大学学报理工版, 2016, 33 (6): 653–660.
LI Xiao-wei, WANG Wei, YANG Min, et al. Competitive Factors between Civil Aviation and High-speed Rail Based on Radial Basis Function and Logistic Regression [J]. Journal of Shenzhen University Science and Engineering Edition, 2016, 33 (6): 653–660.
- [17] 李晓伟, 王伟, 杨敏, 等. 交通枢纽可达性对多模式综合交通客运方式竞争的影响 [J]. 公路交通科技, 2016, 33 (12): 106–112.
LI Xiao-wei, WANG Wei, YANG Min, et al. Impact of Transport Hub Accessibility on Competition of Multimodal Passenger Transport [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2016, 33 (12): 106–112.
- [18] 刘立荣. 基于旅客时间价值的客运专线客票定价理论与实证研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2014.
LIU Li-rong. Passenger Ticket Pricing Theory and Empirical Research Based on Valuation of Travel Time [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2014.