

Modeling the Mode Choice of
Urban Low-income Residents and
the Transportation Improvement Strategies

城市低收入人群出行方式选择机理

与交通改善策略

陈学武 程 龙 ◆ 著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

城市低收入人群出行方式 选择机理与交通改善策略

陈学武 程 龙 著

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

内 容 提 要

本书基于“特征分析—机理揭示—对策建议—效果评估”四个层次,系统论述了低收入人群出行方式选择机理及其交通改善策略。具体内容包括:将主观态度潜变量引入出行方式选择模型分析,从潜变量的角度研究活动—出行决策行为,为基于活动的出行需求分析理论研究拓展了思路;建立低收入人群出行决策的主观态度模型,研究影响主观态度的家庭属性和个人属性的具体构成,揭示了各属性对主观态度的作用机理;设计了“因子分析+结构方程模型+K-means 聚类分析”的市场细分流程,对低收入人群的出行市场进行细分,剖析产生公交选择差异的主观态度方面的原因,以此提出了差异化的公交出行改善建议;量化评价了不同交通改善对策效果,预测模拟低收入人群的出行方式变化情况,为城市管理者制定低收入人群出行保障机制提供理论依据。

本书可供交通运输工程与城市规划学科的研究生使用,也可供交通行为分析与建模领域的学者和研究人员、城市交通行业管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市低收入人群出行方式选择机理与交通改善策略 /
陈学武,程龙著. —南京:东南大学出版社,2018.7

ISBN 978-7-5641-7892-5

I. ①城… II. ①陈… ②程… III. ①城市交通运输
—交通运输管理 IV. ①F57

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 174950 号

城市低收入人群出行方式选择机理与交通改善策略

著 者:陈学武 程 龙

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号 邮编:210096

网 址:<http://www.seupress.com>

出 版 人:江建中

印 刷:江苏凤凰数码印务有限公司

排 版:南京新翰博图文制作有限公司

开 本:700 mm×1000 mm 1/16 印张:12.25 字数:180 千字

版 次:2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-7892-5

定 价:58.00 元

经 销:全国各地新华书店

发行热线:025-83790519

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830

前言

随着我国城市社会经济的高速增长,城市交通难题也愈演愈烈,现有的交通服务难以契合城市发展,导致城市交通拥堵严重,极大地影响了城市功能的正常运转。低收入人群作为城市居民中的出行弱势群体,面临的交通问题更加严峻。低收入群体通常和城市的建设、服务、运营息息相关,是城市建设和城市功能运转的重要承担者。然而目前在低收入人群的日常活动特征、出行方式选择机理等方面缺少科学、系统的研究,也一直未能提出针对低收入群体的出行保障机制。随着全面建成小康社会的推进,重要目标是使全体人民不分阶层职业、民族区域、性别、年龄,都能共享社会进步的文明成果,其核心在于全面提高人民生活水平,所谓“全面”即总体实现基本公共服务均等化。城市低收入人群不仅是社会结构的有机构成和城市经济发展的重要人力资源,更是社会稳定、和谐发展的重要保证。因此,研究解决低收入人群交通问题有利于促进和谐社会的建设,分析居民出行方式在交通供需作用下的变化情况,对于增强交通需求预测分析和需求管理措施评价的理论基础和实践运用也具有重要意义。

本专著依托国家自然科学基金项目“大城市低收入人群活动——出行模式与感知成本作用机理研究”(51178109)和“居住外迁个体通勤活动链中的多维出行决策机理”(51378120),聚焦城市低收入人群的出行方式决策行为,研究分为“特征分析—机理研究—对策建议—效果评估”4个层次:首先分析城市低收入人群的出行方式特征;其次研究影响低收入人群的出行方式选择因素,揭示低收入人群的出行行为决策机理;然后提出针对低收入人群的交通改善策略;最后分析不同交通政策下低收入人群的出行方式选择结果,评估对策效果。

按主要研究内容“数据采集—特征分析—机理研究—改善对策—预测评

价”将全书分为10章。第1章为绪论,介绍研究背景、意义、目的及采用的技术路线。第2章对常见的低收入人群界定标准进行介绍,然后从低收入人群的出行特征、出行行为的影响因素,以及交通改善政策等方面综述国内外研究现状。第3章对研究所用的理论方法进行介绍,包括非集计模型理论、结构方程模型理论和支持向量机理论。第4章设计以家庭为单位的出行调查方案并开展问卷调查,编程对数据进行清洗,提取出行链。第5章对比分析低收入人群与非低收入人群的出行方式选择差异特征,研究不同家庭属性、个人属性、活动属性与出行方式选择的相关关系。第6章从非集计层面建立态度—行为模型对影响低收入人群出行方式选择的因素进行研究。第7章基于边际效应和弹性理论对不同出行需求进行灵敏度分析,提出交通改善策略以满足差异化需求。第8章对低收入人群公交出行市场进行细分研究,提出了出行机动性提升策略。第9章基于支持向量机的一维敏感性分析方法,对低收入人群出行改善对策的预期效果进行评估。第10章以抚顺市为案例分析,从城市用地发展策略、慢行交通系统改善策略、公共交通服务改善策略和交通补贴策略给出了低收入人群出行改善的具体实施措施。

研究成果将弥补低收入人群活动—出行特征研究方面的不足,丰富居民活动—出行需求预测等方面的理论成果。同时可以使交通规划者及管理者在制定城市交通发展战略和保障政策时,更多地关注到低收入群体,为城市交通资源优化配置、建立健全低收入人群出行保障机制提供理论基础。

在本书成稿即将出版之际,特别感谢侯现耀、李子木、李海波、陈慧、毕晓莹、李蕾、杜影等于东南大学求学期间在低收入人群活动与出行研究方面贡献的智慧和付出的汗水。在本书的撰写和相关项目研究过程中参考了大量国内外文献和书籍,在此谨向原著作者表示崇高的敬意和由衷的感谢!由于作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请同行专家和广大读者批评指正,以使本书不断得以完善。

陈学武

2018年4月 于东南大学

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 背景与意义	1
1.2 研究目标与主要内容	2
1.3 技术路线	3
1.4 特色与创新	5
第 2 章 城市低收入人群交通出行研究现状	8
2.1 低收入人群概念的界定	8
2.2 低收入人群出行行为研究	10
2.3 出行选择行为影响机理研究	11
2.4 交通政策及效果评价方法	13
2.5 现有研究总结	14
第 3 章 居民出行选择行为研究理论基础	17
3.1 概述	17
3.2 基于活动的交通需求分析理论基础	17
3.2.1 基于活动的行为理论基础	18
3.2.2 基于活动的交通需求分析方法的特点	19
3.3 非集计模型理论	21

3.3.1	离散选择模型理论基础	22
3.3.2	MNL 模型的导出	25
3.3.3	MNL 模型的标定	26
3.3.4	MNL 模型的检验	28
3.4	结构方程模型理论	30
3.4.1	结构方程模型的特征	31
3.4.2	结构方程模型的结构	32
3.4.3	参数估计方法	34
3.4.4	模型拟合优度评价指标	34
3.4.5	结构方程模型分析流程	36
3.5	支持向量机理论	37
3.5.1	分类器	38
3.5.2	凸最优化求解	40
3.5.3	对偶问题求解	41
3.5.4	核函数	43
第 4 章	城市低收入人群出行行为数据采集	46
4.1	调查方案设计与数据采集	46
4.1.1	以家庭为单位的出行调查方案设计	46
4.1.2	问卷调查	48
4.1.3	数据处理与出行链提取程序设计	50
4.2	数据描述性统计	51
4.2.1	确定研究对象	51
4.2.2	家庭属性特征	52
4.2.3	个人属性特征	53
第 5 章	城市低收入人群出行方式特征	55
5.1	整体分布特征	55

5.2	基于单次出行的出行方式选择特征	56
5.2.1	不同出行时耗下的出行方式选择特征	56
5.2.2	不同出行目的下的出行方式选择特征	58
5.3	基于出行链的出行方式选择特征	58
5.3.1	出行方式选择连续性	59
5.3.2	出行方式选择转换性	60
5.4	出行方式选择与居民属性的相关关系	62
5.4.1	不同家庭属性下出行特征的差异	62
5.4.2	不同个人属性下出行特征的差异	64
5.4.3	不同活动属性下出行特征的差异	67
5.4.4	居民属性与出行链特征的关系	70
第6章	城市低收入人群出行方式选择机理	75
6.1	概述	75
6.2	态度—行为模型的构建	75
6.2.1	主观态度的获取	75
6.2.2	主观态度指标特征	80
6.2.3	模型设定	82
6.3	多指标多原因模型的估计	88
6.3.1	模型标定	88
6.3.2	主观态度的特征	93
6.4	离散选择模型的估计	96
6.4.1	模型比选	96
6.4.2	结果分析	98
第7章	基于需求侧的城市低收入人群交通改善策略	104
7.1	概述	104
7.2	边际效应和弹性理论	105

7.3	满足差异化需求的出行改善策略	106
7.3.1	出行需求的灵敏度分析	106
7.3.2	交通改善策略	107
第8章	基于供给侧的城市低收入人群交通改善策略	112
8.1	概述	112
8.2	基于主观态度的市场细分模型	114
8.2.1	样本特征	114
8.2.2	市场细分建模流程	115
8.3	基于机动性提升的有效供给策略	126
8.3.1	细分子市场的特征	126
8.3.2	交通改善策略	130
第9章	交通改善策略效果评估方法	132
9.1	概述	132
9.2	基于支持向量机的一维敏感性评估方法	133
9.2.1	建模流程	133
9.2.2	交叉验证	135
9.2.3	参数寻优	136
9.2.4	模型标定及预测结果	137
9.2.5	与 MNL 模型预测能力对比	141
9.3	基于一维敏感性分析的出行对策效果评估	146
9.3.1	一维敏感性分析	146
9.3.2	预测评估结果	148
9.4	不同目标导向的交通对策制定	151
9.4.1	基于绿色出行分担率最大化	151
9.4.2	基于公共交通出行分担率最大化	152
9.4.3	交通对策制定建议	153

第 10 章 城市低收入人群交通改善措施——以抚顺市为例	155
10.1 抚顺市简介	155
10.2 低收入人群出行保障目标	156
10.3 城市用地发展策略	158
10.4 慢行交通系统改善策略	159
10.4.1 慢行单元划分及规划指引	161
10.4.2 非机动车系统规划	162
10.4.3 步行与公交换乘系统	163
10.4.4 公共自行车系统规划	164
10.5 公共交通服务改善措施	165
10.5.1 公交线路优化调整	166
10.5.2 公交站点改善	168
10.5.3 公交 IC 卡推广	170
10.6 交通补贴策略	171
10.6.1 交通补贴类型研究	171
10.6.2 公交票价优惠政策	173
10.6.3 交通补贴保障措施	174
参考文献	176

第1章 | 绪论

1.1 背景与意义

低收入人群是指个人收入水平相对较低的经济弱势群体。低收入是一个相对的概念,它普遍存在于任何地方和任何时期,无论一个地区或城市的富裕程度如何,总有一部分人处于收入相对较低的状态。相关统计数据表明,在我国低收入人群是社会人口结构的重要组成部分,现阶段比重维持在20%~30%^[1]。同时,低收入群体通常和城市的建设、服务、运营息息相关,是城市建设和城市功能运转的重要承担者,城市现代化功能的实现离不开他们的支撑。城市低收入人群不仅是我国社会结构的有机组成部分和城市经济发展的重要人力资源,更是社会稳定发展的重要保证。

随着城市化的推进,城市用地空间分布呈现出新的规律,对城市社会经济活动产生了重要影响。城市用地空间结构与社会结构的变化,给低收入人群带来了难题,城市交通服务难以契合城市发展脉络,交通拥堵日益严重,极大地影响了城市功能的正常运转,并给居民出行带来很大不便,其中,低收入人群尤其难以应对日渐凸显的城市交通问题。一方面,房价的不断攀高使得低收入人群越来越远离市中心和交通便利的地区,逐渐被边缘化,职住空间错位使得他们更加依赖城市所提供的公共交通服务。另一方面,受其经济条件的约束,低收入人群对交通服务支出货币的承受力较差,可选择的出行方式相对较少。出行难问题对低收入人群在城市正常活动已经产生了较大影响。2016年《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中指出要稳步提升基本公共服务均等化的目标,要求增加公共服务供给,坚持普惠性、均等化,增强政府职责,提高公共服务共建能力和共享水平,加强对特定人群特殊困难的帮扶。“精准扶贫、精准脱贫”战略思想的提出和落实,也要求在群众日常生活中的就业、教育、医疗、居

住、养老等方面找不足、补短板。

目前,针对我国低收入人群出行问题的专项研究稀少,缺乏对这一群体出行特征的准确把握。低收入人群的出行往往成为影响城市交通和谐发展的短板。城市发展政策制定和交通管理部门面向社会所有成员的交通服务措施,因为层次单一、目标分散,常常无法切实改善城市低收入人群的出行条件,因此,有必要研究提出针对低收入群体出行需求特征的交通服务改善对策。

1.2 研究目标与主要内容

本书聚焦低收入人群交通出行问题,为优化城市交通系统资源供给,以及建立健全低收入人群出行保障机制提供理论基础。首先,研究低收入人群出行方式选择特征,明确城市低收入人群区别于其他人群的行为特征,为完善交通需求预测提供理论基础。其次,分析影响低收入人群出行选择行为的因素,建立出行选择行为与主观感知态度的关系模型,揭示低收入人群出行行为决策机理。再次,分别从需求侧和供给侧提出低收入人群的出行改善策略。最后,提出预测评估模型,分析不同交通策略下的出行选择行为结果,量化分析交通改善对策的效果。

主要内容可以分为“数据采集—特征分析—机理研究—改善对策—效果评价”5个方面。

(1) 数据采集。设计以家庭为单位的居民出行调查方案和数据处理方法,用于获取居民活动—出行记录和构建主观态度的变量指标。在传统的出行调查方法的基础上补充与活动和出行属性息息相关的个人属性、家庭属性和出行特性,并设计以家庭为单位的出行链及其特征信息提取程序。依托居民出行调查,设计数据采集方法获取用于构建出行者主观感知态度的变量指标,采用态度指标和行为指标两种方法构建潜在变量。

(2) 特征分析。聚焦低收入人群出行方式选择特征,分别以“单次出行”和“出行链”作为分析单元,分析有别于非低收入人群的差异性。通过对不同家庭属性、个人属性、活动属性下出行特征和出行链特征的差异分析,研究各属性与

出行特征的相关关系,为建模研究低收入人群出行行为机理奠定基础。

(3) 机理研究。从非集计层面对影响低收入人群出行方式选择的因素进行研究。基于态度—行为模型,研究影响主观态度的家庭和个人属性的具体构成,建立低收入人群出行决策的主观态度模型。在此基础上,建立含潜变量的离散选择模型,分析个人属性、家庭属性、活动属性和主观态度对低收入者出行方式选择行为的共同作用机理。

(4) 改善对策。分别从需求侧和供给侧提出低收入人群的交通改善策略。以非集计模型的结果为基础,对不同需求变量进行灵敏度分析,提出改善对策满足低收入人群的差异化出行需求。基于主观态度的出行市场细分,研究低收入人群的交通供给改善对策,通过对比分析不同子市场的特征差异,剖析产生公交选择差异的主观态度方面的原因,以面对不同特征的人群制定具有针对性的公交改善对策。

(5) 效果评价。提出基于支持向量机的一维敏感性分析方法,用于对低收入人群交通改善策略的预期效果进行评估。在支持向量机和离散选择模型预测能力对比的基础上,结合敏感性分析对改善对策效果进行评价,以居民出行方式分担率的变化为关键指标,基于“绿色出行分担率最大化”和“公共交通出行分担率最大化”的考量,对交通对策的制定进行总结。

最后,以抚顺市为实例分析给出具体措施,在提出低收入人群出行保障目标层次(即可达性→经济性→安全舒适性)的基础上,从城市用地发展、慢行交通系统、公共交通服务、交通补贴4个角度提出了改善措施。

1.3 技术路线

本研究在进行低收入人群出行方式选择机理及交通改善策略研究时,提出理论基础、数据采集、机理分析、预测评价四者相结合的技术路线,4个方面层层深入、逐层推进,后者以前者的研究为基础,前者是后者分析的前提。以基于活动的出行选择行为理论为基础,进行以家庭为单位的活动—出行数据的调查和采集,再对低收入人群的出行方式选择机理进行探讨,从而提出交通改善策略,

最后对出行对策的效果进行预测评价。具体研究技术路线如图 1-1 所示。

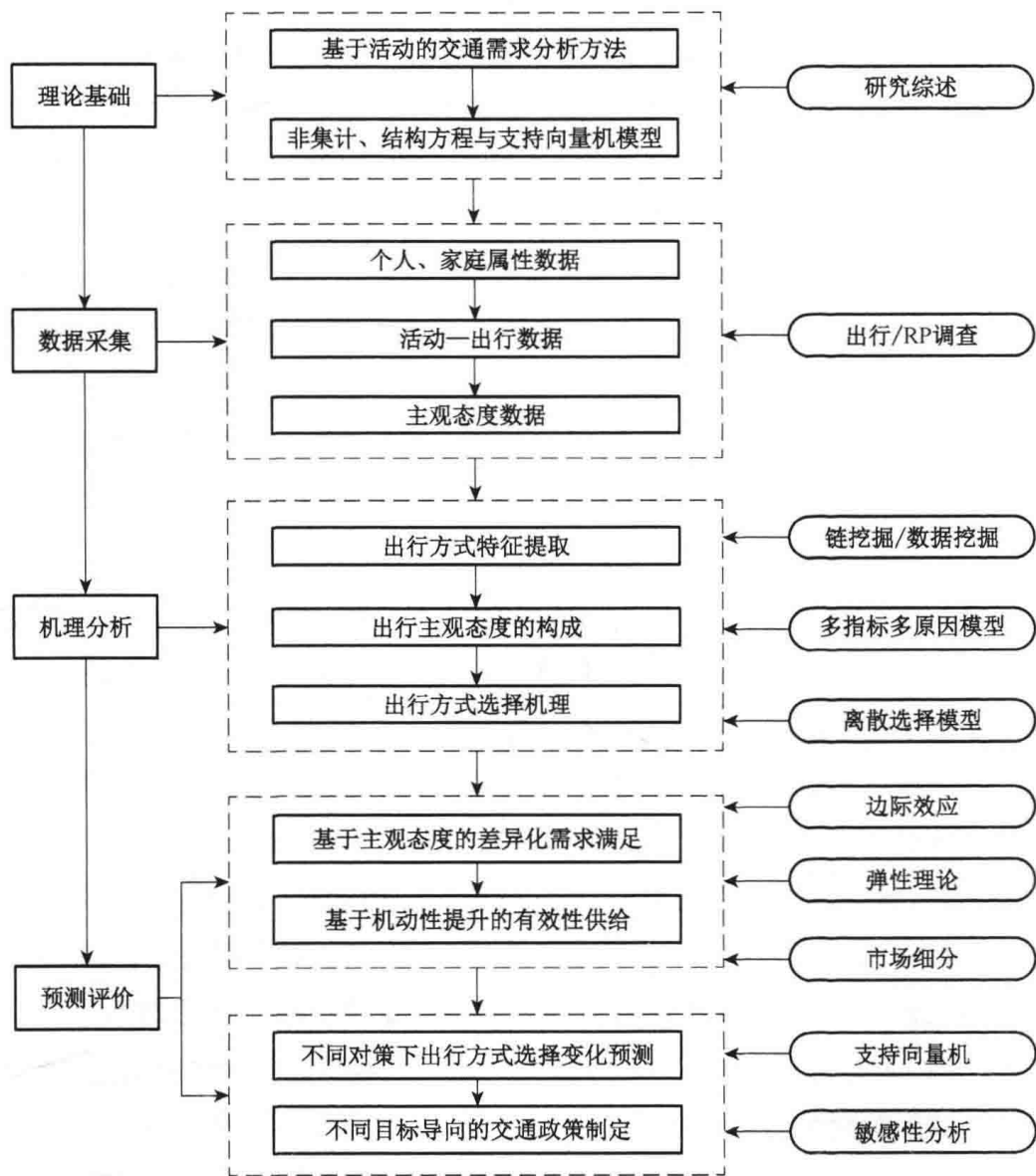


图 1-1 研究技术路线

首先,对居民出行选择行为的国内外研究现状进行了综述,介绍了相关基础理论,包括基于活动的交通需求分析理论、非集计模型理论、结构方程模型理论和支持向量机理论,以为后面的研究做理论铺垫。其次,为获取研究数据进

行了以家庭为单位的出行调查和 RP(Revealed Preference)调查,以采集低收入人群的家庭属性、个人属性、活动属性和主观态度属性。运用链挖掘和数据挖掘技术,从“基于单次出行”的方式选择特征和“基于出行链”的方式链特征两个方面对比研究低收入人群与非低收入人群的差异性。然后,通过构建态度—行为模型,从非集计层面研究影响低收入人群出行方式选择的因素。建立多指标多原因模型以研究影响主观态度的家庭属性和个人属性的具体构成,建立低收入人群出行决策的主观态度模型。在此基础上,建立含潜变量的离散选择模型,分析家庭属性、个人属性、活动属性和主观态度对低收入者出行方式选择的影响,揭示出行决策机理。此外,分别从需求侧和供给侧提出低收入人群的交通改善策略。需求侧层面上,基于边际效应和弹性理论分析出行方式对需求的灵敏度,提出满足差异化需求的改善对策。供给侧层面上,通过市场细分的手段来划分低收入人群出行子市场,以制定更加有针对性的机动性提升供给改善对策。最后,提出了基于支持向量机的一维敏感性评估方法,用于对交通改善策略的效果进行预测评价,选用出行分担率为核心指标,分析不同对策下居民出行方式分担率的变化情况,以期为城市管理者制定低收入人群出行交通政策提供理论依据。

1.4 特色与创新

本研究以低收入人群的出行行为为基础,重点分析出行方式选择机理及其交通改善对策,主要创新点有以下几个方面:

(1) 基于“特征分析—机理揭示—对策建议—效果评估”4个层次,系统地研究大城市低收入人群出行行为,提出交通改善策略。

聚焦大城市低收入人群的出行方式选择行为,研究分为“特征分析—机理研究—对策建议—效果评估”4个层次:首先分析大城市低收入人群的出行方式特征;然后研究影响低收入人群的出行方式选择因素,重点考虑潜在变量的作用,揭示低收入人群的出行行为决策机理;其次提出针对低收入人群的交通改善策略;最后分析不同交通对策下低收入人群的出行方式选择结果,评估对策

效果。研究成果弥补了低收入人群出行特征研究方面的不足,丰富了居民活动—出行需求预测等方面的理论成果。

(2) 将主观态度潜变量引入出行行为模型分析,从潜变量的角度研究活动—出行决策过程,为基于活动的出行需求分析理论研究拓展了新的思路,研究成果将丰富潜变量对出行行为影响的相关研究。

以结构方程模型和离散选择模型为基础,构建了态度—行为模型,对低收入人群的出行方式选择机理进行剖析,设计了态度—行为关系模型的概念框架,并对模型进行标定求解。建立离散选择模型时,引入了潜变量的概念,对含潜变量的多项 Logit(Multinomial Logit, MNL)模型和不含潜变量的 MNL 模型分别进行参数估计,分析个人属性、家庭属性、活动属性和主观态度对低收入者出行方式选择行为的共同影响。发现将潜变量代入模型后能更好地解释出行行为,研究成果有助于更深刻理解城市低收入人群的出行方式选择机理。

鉴于现有研究中主观态度对出行行为的分析较多地聚焦在态度是如何影响出行行为,针对出行态度自身的探讨十分有限,本书建立多指标多原因模型以研究影响主观态度的家庭属性和个人属性的具体构成,通过分析各属性对主观态度的作用机理,从而建立低收入人群出行决策的主观态度模型。

(3) 引入市场细分理论,设计了“因子分析+结构方程模型+K-means 聚类分析”的市场细分流程,通过该方法完成了低收入人群的出行市场细分,以提出差异化的公交出行改善建议。

设计了“因子分析+结构方程模型+K-means 聚类分析”的市场细分流程,通过该方法完成了低收入人群的出行市场细分。因为主观态度较难测量,本研究以出行者个体在现实生活中的具体事物的态度和行为作为主观态度潜变量的指标变量,通过结构方程模型中的测量模型解决了这一问题。研究低收入人群主观态度与公交出行分担率因子存在的因果关系,通过结构方程模型中的结构模型进行分析。针对传统研究中市场细分技术存在的不足,采用 K-means 聚类法实现了多细分变量条件的市场细分。

基于社会经济属性等外在显变量的市场细分会过分简化子市场的结构特征,而主观态度具有较高的细分能力。本研究将潜变量引入低收入人群的出行

市场细分模型,挖掘低收入人群的公交出行特征,针对不同的细分群体提出更有效的公交出行改善对策。

(4) 量化评价不同交通改善对策效果,预测模拟低收入人群的出行方式变化情况,为城市管理者制定低收入人群出行保障机制提供理论依据。

提出基于支持向量机的一维敏感性分析方法对不同对策下低收入人群的出行方式选择结果进行预测,分析外界条件改变后出行行为的变化情况,实现了对交通改善对策的量化评估。选取居民出行方式分担率的变化为关键指标,从绿色出行分担率最大化和公共交通出行分担率最大化两个方面对低收入人群交通改善对策总结建议,对优化交通系统资源配置,建立健全低收入人群出行保障机制具有较强的实践指导意义。