

基于结构方程模型的广州城市社区居民出行行为研究

曹小曙, 林强

(中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

摘要: 基于行为主义的视角, 从微观的社区层面研究城市居民的出行行为。选取广州市的三个城市社区作为案例, 以 218 个样本数据库为基础, 根据研究的侧重点不同分别建立两个结构方程模型, 拟合各变量之间的路径关系。其中居民出行选择的结构方程模型重点分析居民属性、居住区位与居民出行目的、出行时间、出行方式等出行偏好之间的关系。居民出行决策的结构方程模型则模拟居民的出行决策过程。结果显示: 居民之间由于自身属性不同在出行选择和出行偏好上存在差异, 居民出行行为中居民属性和居住区位是根本, 出行目的是关键, 居民出行行为可以概括为“属性决定目的, 目的影响行动”。此外, 居民的出行行为有其复杂的作用机制和决策路径, 居民的出行决策过程可以解读为性别决策子系统、年龄决策子系统、收入决策子系统和居住区位决策子系统等 4 个决策子系统, 各子系统中路径作用的不同使居民属性和居住区位对居民出行决策产生多重多向的效应, 在复合系统的影响下城市社区居民表现出差异化的出行行为。

关键词: 城市社区; 出行行为; 结构方程模型; 广州市

1 引言

城市居民出行研究是城市交通研究的重要组成部分。西方发达国家以人为本、重视差异性后现代思潮的兴起使人们开始关注人的真实交通需求以及出行行为之间的差异。在西方的研究中, 基于交通公平性而展开的针对女性、老年人、低收入者等交通弱势群体的出行行为研究较为深入。关于女性出行行为研究重点关注距离限制和空间分离对女性的影响^[1]。相关研究最初只关注发达国家城市郊区的女性出行^[2,3]及其对城市福利和育儿设施的可达性^[4], 但是近年来越来越多地学者转向研究女性群体的内部差异, 特别是由于种族^[5]、阶级^[6]等原因造成的出行行为差异。针对老年人的出行研究则着眼于交通资源对老年人参与社会活动的作用^[7]以及交通设施对老年人出行行为的影响^[8,9], 近年来老年人驾驶小汽车出行比率的增加^[10]及其带来的负面影响^[11,12]也引起了学界的关注。城市贫困现象使出行行为的研究点开始转向低收入群体。学者们认为, 由于不能支付相对高昂的交通费用, 低收入群体缺乏就业和工作的机会, 因此贫困现象不断循环积累^[13,14], 而近年来发展中国家低收入家庭的出行行为也开始受到关注^[15]。

我国的城市居民出行行为研究, 则始于 20 世纪 80 年代几个大城市相继开展的居民出行调查^[16]。这些研究以调查数据为基础, 关注居民的出行方式、出行时间等出行特征^[17,18], 而居民的购物^[19]、夜间消费^[20]等出行, 其空间特征也引起学界的兴趣。随着研究的深入, 学者们不再满足于出行行为的特征描述, 开始从行为心理^[21]、城市空间结构^[22]等角度探索影响居民出行行为的潜在因素。与此同时, 在后现代思潮的影响下国内学者开始关注女性居民和老年人群体的出行行为。女性出行行为研究通过将女性与男性的出行特征进行横向比较, 借用女性主义的研究视角^[23]、结构方程模型^[24]等对女性出行行为进行解读。老年人的出行行为研究则关注老年人的日常活动路径及其时空特征^[25], 如老年人的购物出行空间特征^[26]等。

总体而言, 国内外关于居民出行行为的研究大多把居民看成一个同质体, 或者是基于居民的单一属性, 如性别或年龄等, 对居民的出行行为特征进行横向对比, 忽略了居民是多种属性的复合体。同时, 大部分研究停留在对出行特征的统计和描述, 对居民的出行行为作用机制和出行决策过程考虑不足。有鉴于此, 本研究以广州市城市社区居民的出行问卷调查第一手数据为基础, 通过引入结构方程模型分析居民的多种属性与其出行选择、以及各种出行选择之间的相互作用关系, 并以此为基础建立模型模拟居民的出行决策过程。

2 数据来源与模型构建

2.1 样本选取

以城市内环路和外环如为分界线将广州城市空间划分为中心城区、新城区以及外围区。本文选取的案例社区分别位于广州的 3 个不同圈层中（图 1）。社区的空间界定以社区周边的道路分割线为基准，并考虑社区管理单元的完整性。问卷的发放以社区为单位，采用多层随机的抽样方法，首先根据各社区的人口规模确定其样本规模，再将各社区样本规模按年龄段进行群组划分，并确定各年龄段群组的性别比例（按照 1: 1 进行抽样），最后在既定的多层次群体中采取随机的方法进行抽样调查，并以 1 对 1 的方式进行问卷填写。本次调查共发放问卷 235 份，其中有效问卷 218 份，问卷有效率为 92.8%。

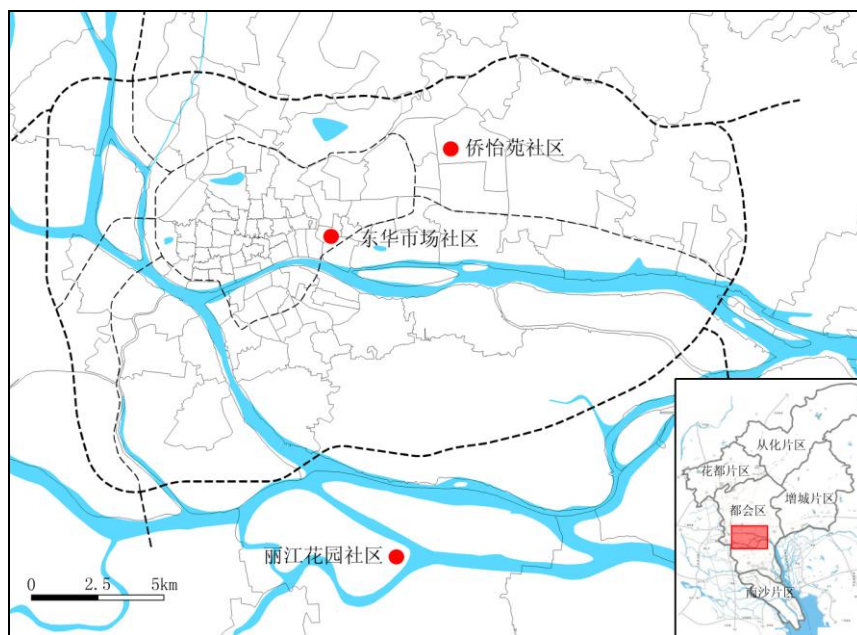


图 1 各案例社区位置

Fig.1 Selected communities in Guangzhou

2.2 结构方程模型原理与模型建构

结构方程模型（SEM, Structural Equation Model）综合了方差分析、回归分析、路径分析和因子分析，是一种多变量复杂关系的建模工具。结构方程模型可以分析多因多果的联系、潜变量的关系，并能够模拟多因子的内在逻辑关系，是非常重要的多元数据分析工具^[27]。

本研究在 SPSS 13.0 中建立了包含 218 个样本数据的数据库，并以此为基础导入 AMOS 7.0 进行分析并构建结构方程模型。研究中只考虑外生变量和内生变量之间的路径关系，不引入潜变量，因此结构方程模型可以表达为：

$$y = By + \Gamma x + \zeta$$

式中： y 是外生变量，由内生指标组成的向量表示； x 是内生变量，由外源指标组成的向量表示； B 是内生变量间的关系，由随机联系矩阵表示， Γ 是外生变量对内生变量的影响，由直接随机效应矩阵表示； ζ 是结构方程的残差项，反映 y 在方程中未能解释的部分^[24]。

本研究主要应用路径分析的方法，通过路径图和效应值来分析居民属性与其出行行为之间的关系。效应可以分解为直接效应（Direct Effect）、间接效应（Indirect Effect）和总体效应（Total Effect），每种效应代表各变量之间的不同作用效果^[24]。根据研究的侧重点不同分别建立两个结构方程模型，并在各模型中分别引入不同的因子作为变量。居民出行选择的结构方程模型用以分析居民属性和居住区位如何影响居民的出行目的、出行方式和出行时间选择，以及各种出行选择之间如何发生相互作用，以表征居民属性与居民出行偏好，以及各种出行偏好之间的关系；居民出行决策的结构方程模型则研究居民属性和居住区位对居民出行机动性、出行倾向等出行决策的作用路径，以模拟居民的出行决策过程。

3 城市社区居民的出行选择路径

3.1 变量选取与模型结果

居民出行选择的结构方程模型将居民的性别、年龄、月收入水平、家庭结构以及居住区位作为外生变量，将出行方式、出行时段、出行目的以及出行强度作为内生变量组。为避免变量过多造成分析混乱，研究中根据居民问卷填写情况，选取了具有代表性的若干变量表征居民出行选择的内生变量组。外生变量和内生变量特征见表 1 和表 2。

建立初始模型并进行反复试验和修正，得到最终模型的卡方值 (Chi-square) 为 294.67，自由度为 (Degrees of freedom) 147，卡方值和自由度的比值等于 2，最终模型与最优模型十分相近；进一步分析模型的拟合指标，拟合指数 RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) 值为 0.068 (小于 0.08)，CFI (Comparative Fit Index) 为 0.916 (大于 0.9)，两项指标均说明所拟合的模型是一个“好”模型^[27]。

表 1 外生变量特征

Tab.1 Characteristics of exogenous variables

变量	样本量 (%)	变量描述	变量	样本量 (%)	变量描述	变量	样本量 (%)	变量描述	变量	样本量 (%)	变量描述
性别	218 (100%)	虚拟	年龄	218 (100%)	等级	月收入水平	218 (100%)	等级	家庭结构	218 (100%)	等级
男	112 (51.4%)	1	<18	36 (16.5%)	1	≤800	41 (18.8%)	1	单身	21 (9.6%)	1
女	106 (48.6%)	2	18~29	70 (32.1%)	2	801~1600	19 (8.7%)	2	一家两口	40 (18.3%)	2
居住区位	218 (100%)	等级	30~44	60 (27.5%)	3	1601~2500	23 (10.6%)	3	一家三口	95 (43.6%)	3
中心城区	64 (29.4%)	1	45~59	32 (14.7%)	4	2501~5000	44 (20.2%)	4	一家四口	20 (9.2%)	4
新城区	62 (28.4%)	2	60~74	14 (6.4%)	5	5001~10000	57 (26.1%)	5	一家五口	27 (12.4%)	5
外围区	92 (42.2%)	3	≥75	6 (2.8%)	6	10001~20000	19 (8.7%)	6	一家六口	4 (1.8%)	6
						>20000	15 (6.9%)	7	其他	11 (5.0%)	7

表 2 内生变量特征

Tab.2 Characteristics of endogenous variables

1、出行目的变量组			2、出行时段变量组			3、出行方式变量组			4、出行强度变量组		
变量	样本量 (%)	变量描述	变量	样本量 (%)	变量描述	变量	样本量 (%)	变量描述	变量	样本量 (%)	变量描述
上班	218 (100%)	虚拟	6~10	218 (100%)	虚拟	步行	218 (100%)	虚拟	出行次数	218 (100%)	连续
是	133 (61.0%)	1	是	158 (72.5%)	1	是	104 (47.7%)	1			
否	85 (39.0%)	0	否	60 (27.5%)	0	否	114 (52.3%)	0			
上学	218 (100%)	虚拟	10~14	218 (100%)	虚拟	小汽车	218 (100%)	虚拟	理想出行	218 (100%)	连续
是	33 (15.1%)	1	是	85 (39.0%)	1	是	57 (26.1%)	1	时耗		
否	185 (84.9%)	0	否	133 (61.0%)	0	否	161 (73.9%)	0			
购物	218 (100%)	虚拟	14~18	218 (100%)	虚拟	公共汽车	218 (100%)	虚拟	最大出行	218 (100%)	连续
是	85 (39.0%)	1	是	76 (34.9%)	1	是	119 (54.6%)	1	时耗		
否	133 (61.0%)	0	否	142 (65.1%)	0	否	99 (45.4%)	0			
文体活动	218 (100%)	虚拟	18~22	218 (100%)	虚拟	地铁	218 (100%)	虚拟			
是	81 (37.2%)	1	是	118 (54.1%)	1	是	56 (25.7%)	1			
否	137 (62.8%)	0	否	100 (45.9%)	0	否	162 (74.3%)	0			
探亲访友	218 (100%)	虚拟									
是	34 (15.6%)	1									
否	184 (84.4%)	0									

3.2 居民属性对出行选择的路径

性别的路径作用显示，女性居民文体活动、购物和探亲访友的出行频率要高于男性居民，特别是在购物方面，女性居民的购物出行发生概率大大高于男性居民 (直接效应为 0.481)。另一方面，作为交通弱势群体的女性居民其夜间出行愿望比男性居民更加强烈。此外，性别的间接效应值显示，性别差异也间接影响居民的出行方式、出行强度等出行行为特征。

年龄的路径作用显示，年龄的增长使居民上学出行的概率下降，文体活动和购物出行的频率增加，如老年人的休闲活动出行较多^[25]。其次，年龄增长使居民的白天出行频率增加

(6~10点、10~14点和14~18点的总体效应为正值)、夜间出行频率减少(18~22点的总体效应为负值)。此外,年龄将对居民的出行方式和出行强度产生间接的影响。

收入水平的路径作用显示,收入增加将提高居民上班出行比率,而上学和文体活动的出行比率则有所下降。其次,收入增长将直接增加居民地铁和小汽车的出行频率,其中对小汽车出行率的提升效果最显著(直接效应为0.422),但是却间接降低了居民通过步行和公共汽车出行的频率。此外,收入水平不直接影响居民的出行时间和出行强度(直接效应为0)。

家庭结构的路径作用显示,与小规模家庭(单身或者两人家庭)相比,规模较大的家庭其上学和探亲访友的出行频率较高,但是上班和购物出行的比率则有所下降。另一方面,规模较大的家庭其地铁和公交的出行概率会轻微下降,而步行出行概率则略有提升。此外,家庭结构的差异不会直接影响居民的出行时间及出行强度。

居住区位的路径作用显示,与中心城区社区相比,郊区型社区居民的步行出行频率更低,而小汽车出行频率则有所提高。其次,居住区位不影响居民白天出行时间选择,但是郊区型社区居民夜间出行发生率却要低于中心城区社区居民。此外,居住区位将直接影响居民的日出行次数,中心城区社区居民出行更频繁。最后,居住区位不影响居民的出行目的,即不同地区社区居民的出行目的并无显著差异(总体效应、直接效应和间接效应值均为0)。

表3 外生变量对内生变量的总体效应、直接效应和间接效应
Tab.3 Total, direct and indirect effects between exogenous variables and endogenous variables

外生变量	性别			年龄			收入水平			家庭结构			居住区位		
	总体效应	直接效应	间接效应	总体效应	直接效应	间接效应	总体效应	直接效应	间接效应	总体效应	直接效应	间接效应	总体效应	直接效应	间接效应
上班	0	0	0	0	0	0	0.595*	0.595*	0	-0.238*	-0.238*	0	0	0	0
上学	0	0	0	-0.589*	-0.589*	0	-0.454*	-0.454*	0	0.254*	0.254*	0	0	0	0
购物	0.481*	0.481*	0	0.240*	0.240*	0	0	0	0	-0.125*	-0.125*	0	0	0	0
文体活动	0.139*	0.139*	0	0.292*	0.292*	0	-0.321*	-0.321*	0	0	0	0	0	0	0
探亲访友	0.198*	0.198*	0	0	0	0	0	0	0	0.169*	0.169*	0	0	0	0
6~10	0.045	0	0.045	0.018	0.281*	-0.263*	-0.137*	0	-0.137*	0.099	0	0.099	0	0	0
10~14	0	0	0	0.203*	0	0.203*	-0.029	0	-0.029	-0.013	0	-0.013	0	0	0
14~18	0.145*	0	0.145*	0.046	0	0.046	-0.214*	0	-0.214*	0.077	0	0.077	0	0	0
18~22	0.367*	0.230*	0.136*	-0.130*	-0.269*	0.138*	0.064	0	0.064	-0.090	0	-0.090	-0.113*	-0.113*	0
步行	0.109	0	0.109	0.048	0	0.048	-0.050	0	-0.050	0.221*	0.223*	-0.002	-0.209*	-0.209*	0
小汽车	-0.017	0	-0.017	-0.008	0	-0.008	0.430*	0.422*	0.008	-0.035	0	-0.035	0.224*	0.191*	0.033
公共汽车	0.001	0	0.001	0.001	0	0.001	-0.100	0	-0.100	-0.230*	-0.195*	-0.035	-0.112	0	-0.112
地铁	0.103	0	0.103	0.051	0	0.051	0.014	0.177*	-0.163*	-0.189*	-0.177*	-0.012	-0.085	0	-0.085
出行次数	0.218*	0	0.218*	0.122*	0	0.122*	-0.144*	0	-0.144*	0.007	0	0.007	-0.191*	-0.157*	-0.034
理想时耗	-0.022	0	-0.022	-0.013	0	-0.013	0.320*	0	0.320*	-0.132	0	-0.132	0.100	0	0.100
最大时耗	-0.014	0	-0.014	-0.008	0	-0.008	0.202*	0	0.202*	-0.083	0	-0.083	0.063	0	0.063

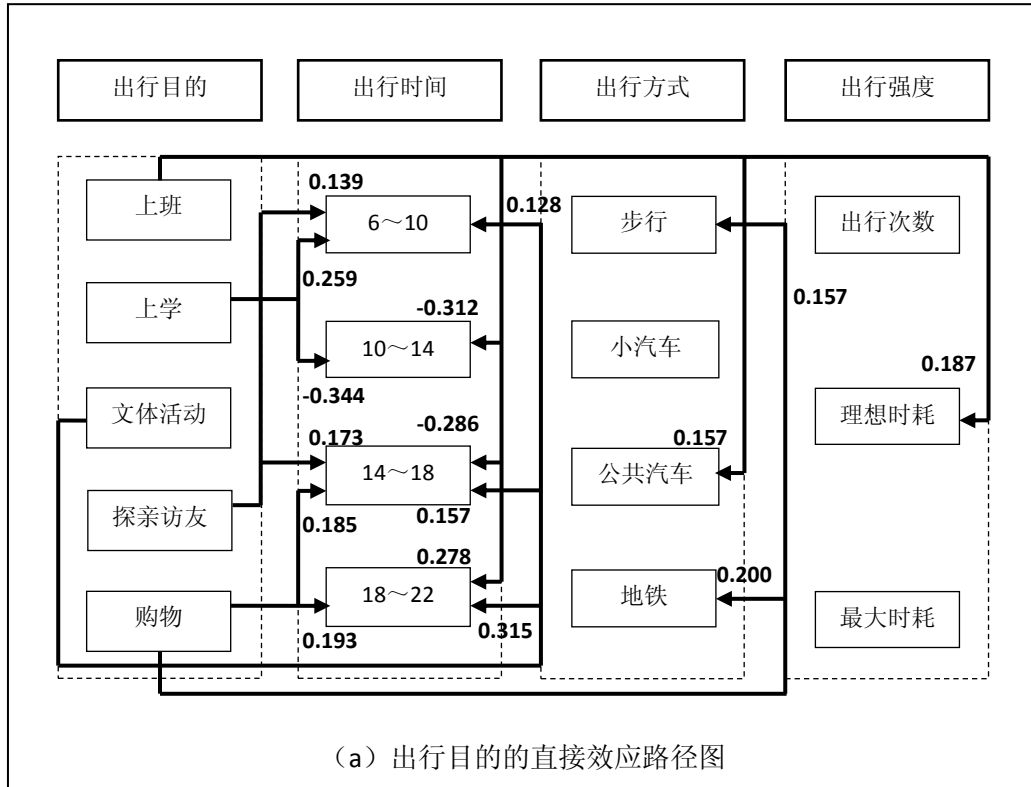
注:以上数值均为标准化后的值,“*”表示在0.05及以上水平显著

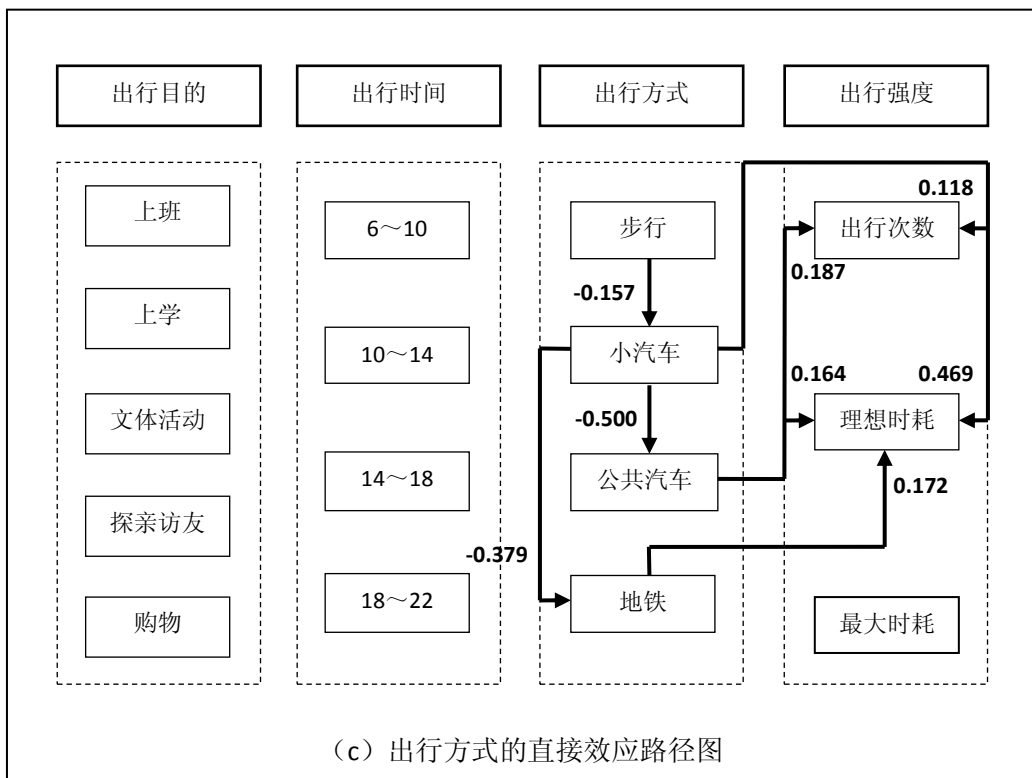
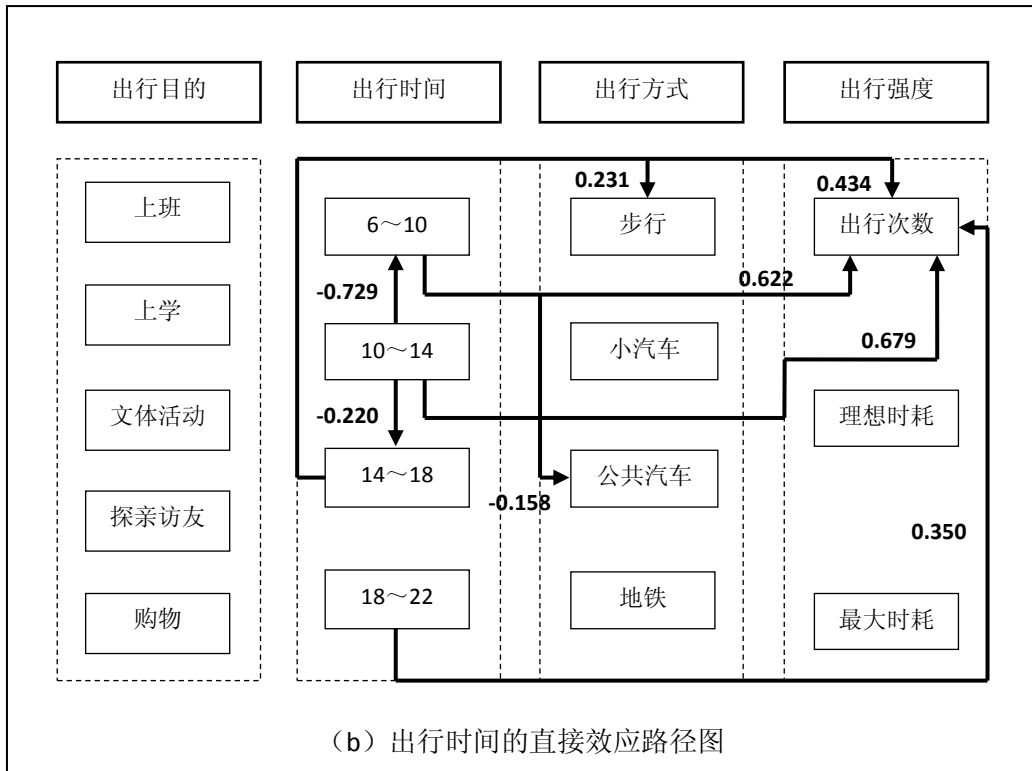
3.3 出行选择之间的相互作用

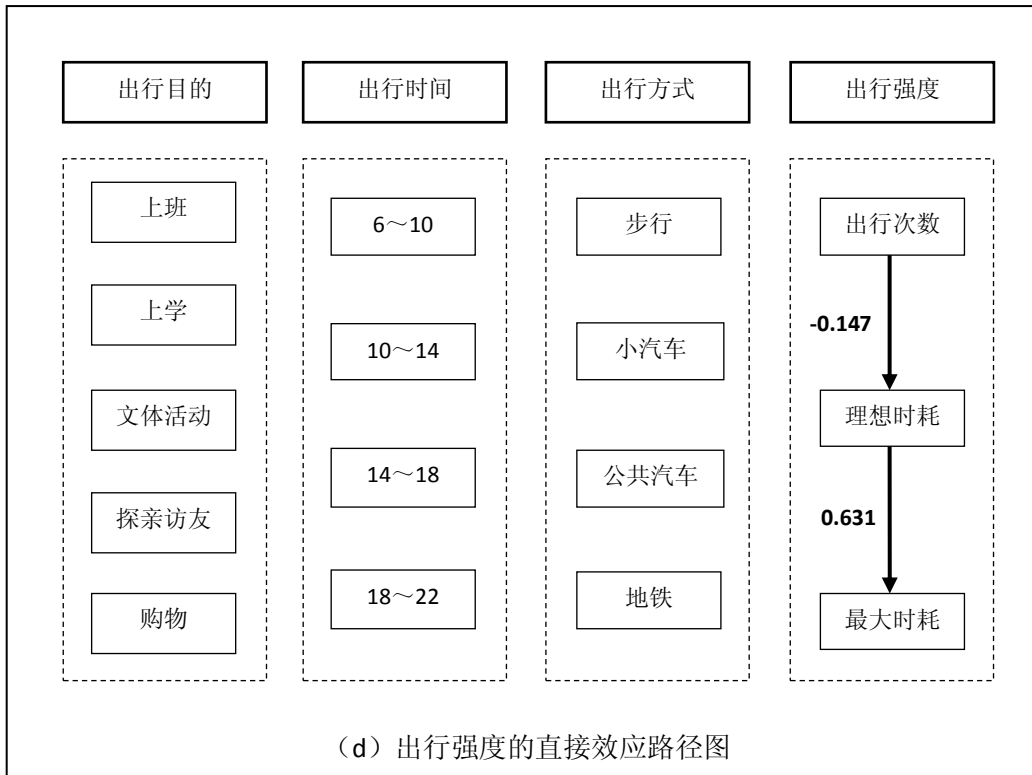
出行目的的直接效应路径图显示,出行目的将对出行时间、出行方式和出行强度产生直接作用,而出行目的内部各变量之间的相互作用不显著。出行目的对出行时间有较多的路径作用,因此出行目的将显著地影响居民的出行时间选择。其中,上班出行频率的增加将抑制10~18点出行的发生,但是却能刺激居民傍晚出行。此外,上学、文体活动、购物以及探亲访友等出行的增加,也将不同程度地影响居民特定出行时间的选择。出行目的对出行方式的路径作用则显示,上班出行将显著增加公共汽车的使用频率,而购物出行则提高居民步行和地铁出行的频率。出行目的对出行强度的作用路径,则表现为上班对理想出行时耗的直接效应。上班出行的频率越高,居民理想出行时耗期望值越大。

出行时间的作用路径包括各出行时段之间的相互作用,以及出行时段对出行方式和出行强度的影响。出行时间内部各变量之间的路径显示,10~14点的出行会抑制6~10点和14~

18 点的出行发生，这三个连续的时间段在居民出行选择上具有排斥性。出行时间对出行方式的路径包含 6~10 点出行对公共汽车出行的影响，以及 14~18 点出行对步行出行的影响，因此不同时间段中居民的出行方式选择略有不同。出行时间对出行强度的路径则显示，各时间段出行频率增加都将增加居民的出行次数，但是各时间段的作用强度却存在差异，10~14 点的带动作用最强（路径系数最大），而 18~22 点的作用最弱（路径系数最小），白天出行对居民的日出行次数带动更明显。







注：1、路径系数为 0.1，表示自变量变化 1 个标准差将影响因变量变化 0.1 个标准差
 2、 $A \xrightarrow{0.2} B \xrightarrow{0.5} C$ ，表示 A 通过影响 B 影响 C 的一条路径，该路径中 A 对 C 的间接效应为 $0.2 \times 0.5 = 0.1$
 3、所有路径系数为标准化后的值，均在 0.05 及以上的水平上显著

图 2 内生变量之间的直接效应路径图
 Fig.2 The direct effect among endogenous variables

出行方式的作用路径包括各种出行方式之间的相互作用，以及出行方式对出行强度的作用。各种出行方式之间的相互作用显示，步行出行频率的增加将直接降低小汽车的出行概率，而小汽车使用的减少则会增加公共汽车和地铁的出行比率，因此鼓励步行出行能够间接刺激公共交通工具的使用率，但是由于作用路径的单向性，单方面增加公共交通资源并不能有效抑制拥有小汽车的居民使用小汽车出行。出行方式对出行强度的作用路径则显示，小汽车使用比率的上升会增加居民的出行次数，并提高居民的理想出行时耗期望值。公共汽车和地铁出行也有类似的作用机制。各种交通方式中，小汽车对提高居民理想出行时耗期望的作用效果最明显（路径系数最大）。

出行强度的路径图显示，出行强度不对其他内生变量产生直接效应，出行强度主要表现为内部变量之间的相互作用。出行次数对理想出行时耗的路径系数为负值，显示居民出行次数的增加将显著减少居民的单次出行时耗期望，即出行次数越多居民理想出行时耗越低。另一方面，居民理想出行时耗和最大忍受出行时耗呈现同向变化的趋势。因此，居民出行次数的增加（减少）将减少（增加）居民理想出行时耗的心理预期，从而减少（增加）居民的最大忍受出行时耗期望。

4 城市社区居民的出行决策系统

4.1 变量选取与模型结果

居民出行决策的结构方程模型选取居民的性别、年龄、月收入水平以及居住区位等 4 个变量作为模型的外生变量，各变量赋值见表 1。值得说明的是，在模型初始分析时将家庭结构作为外生变量，但是包含家庭结构的初始模型总体拟合效果不佳，因此在模型修正时将家庭结构剔除出外生变量组。另一方面，模型的内生变量选取居民的出行机动性、出行费用成本、出行时间选择、出行倾向、出行次数、出行理想时耗和出行最大忍受时耗等 7

个指标表征。

内生变量方面，出行次数、出行理想时耗和出行最大忍受时耗等 3 个变量为连续变量。对于其他 4 个非连续型的内生变量，以样本数据为基础，依据变量属性给出行方式、出行时段、出行目的中的不同选项赋值，内生变量赋值表见表 4。

对于居民出行机动性、出行费用成本、出行时间等 3 个出行决策指标，采用等级赋值，数值大小不代表数量的差异，仅表示指标程度的变化，赋值后采用算术平均数计算各出行决策指标的值。居民出行倾向包括生活性出行倾向和工作性出行倾向，其中生活性出行均赋值 -1，工作性出行倾向均赋值 1。单个样本的出行倾向采用算术和的方法计算。出行倾向为正值时显示居民工作性出行的倾向更强烈，为负值时则表示居民生活性出行意愿更高，出行倾向为零时显示居民出行倾向为中性，即生活性出行和工作性出行意愿相等。样本的绝对值表示个体出行倾向的强烈程度。

建立初始模型并进行反复试验和修正，得到最终模型的卡方值为 78.460，自由度为 35，卡方值和自由度的比值约为 2，最终模型与最优模型十分相近；进一步分析模型的拟合指标，拟合指数 RMSEA 值为 0.076（小于 0.08），CFI 为 0.960（大于 0.9），两项指标均说明所拟合的模型是一个“好”模型^[27]。

表 4 内生变量赋值表
Tab.4 Endogenous variables' assignments

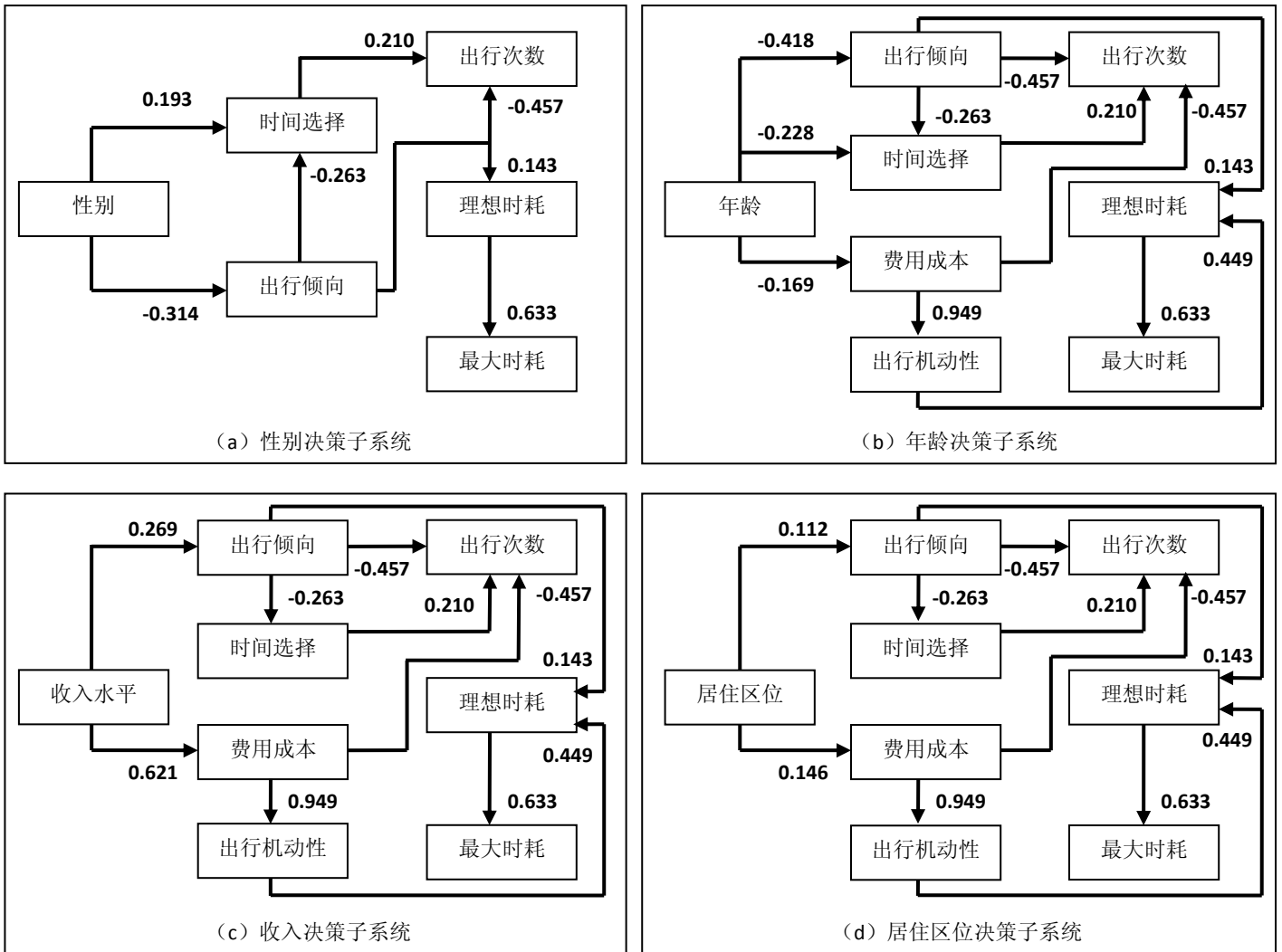
1、出行机动性		2、出行费用成本		3、出行时间选择		4、出行倾向		
表征变量	赋值	表征变量	赋值	表征变量	赋值	表征变量	赋值	
步行	1	步行	1	6~10	1	工作	上学	1
自行车	2	自行车	2	10~14	2	性出	上班	1
摩托车	3	楼巴	3	14~18	3	行	公务	1
楼巴	4	公共汽车	4	18~22	4		购物	-1
地铁	5	地铁	5			生活	文体活动	-1
公共汽车	6	出租车	6			性出	探亲访友	-1
出租车	7	摩托车	7			行	娱乐活动	-1
小汽车	8	小汽车	8					

4.2 居民出行决策的路径机制

居民出行决策的结构方程模型通过模拟居民的出行决策过程，从而更好地把握居民出行行为的内在逻辑关系。该模型可以解读为以下 4 个决策子系统。

4.2.1 性别决策子系统 与男性居民相比，女性居民的生活性出行倾向更强烈，因此产生较多的下午和傍晚出行需求，从而增加了该群体的日平均出行次数，同时生活性出行的增加也降低了女性居民的出行时耗期望。男性居民的工作性出行倾向更强，因此出行大量集中在上午，下午和傍晚出行次数较少，从而降低了该群体的日平均出行次数，同时工作性出行的增加提高了男性居民的出行时耗期望值。男性和女性居民由于性别差异造成出行倾向的不同，因此在出行时间选择上存在差异，并最终影响居民的出行强度。

4.2.2 年龄决策子系统 年龄较大的居民倾向于选择低成本的出行方式，而出行费用成本的降低将增加居民的出行次数。同时年龄的增长使居民的生活性出行愿望更加强烈，因此其出行次数有所增加。另一方面，年龄较大的居民出行时间前移，夜间出行频率降低，反而减少了其日出行次数。因此，不同的路径中年龄对出行次数的作用程度和作用方向有所不同。此外，年龄的增长使居民倾向于选择低成本的出行方式，费用成本的下降降低了该群体的出行机动性，同时高年龄段居民的出行距离压缩^[26]，因此其出行时耗期望值呈现下降趋势。



注：1、路径系数为 0.1，表示自变量变化 1 个标准差将影响因变量变化 0.1 个标准差
 2、 $A \xrightarrow{0.2} B \xrightarrow{0.5} C$ ，表示 A 通过影响 B 影响 C 的一条路径，该路径中 A 对 C 的间接效应为 $0.2 \times 0.5 = 0.1$
 3、所有路径系数为标准化后的值，均在 0.05 及以上的水平上显著

图 3 居民出行的决策子系统
 Fig.3 The sub-systems of residents' travel decisions

4.2.3 收入决策子系统 收入水平越高的居民工作性出行倾向越强烈，因此其总体出行时间前移，工作性出行的增加和夜间出行的减少将降低居民的日出行频率。另一方面，高收入群体倾向选择成本较高的出行方式，而工作性出行比重上升和出行费用成本增加都将减少居民的日平均出行次数。此外，高收入群体较高的出行费用为其带来更强的出行机动性，同时工作性出行比重增加使居民愿意承担更多的出行时耗，因此该群体的理想出行时耗和最大忍受出行时耗期望值更高。

4.2.4 居住区位决策子系统 与中心城区和新城社区居民相比，郊区型社区居民的出行费用成本较高，而费用成本的增加将减少其日出行次数。另一方面，生活性出行比率下降也使郊区型社区居民出行频率降低。此外，郊区型社区居民的平均出行费用要高于中心城区和新城社区居民，以换来更高的出行机动性满足其较长距离的出行需求（如通勤活动），因此其理想出行时耗和最大忍受时耗值更大。而郊区型社区居民工作性出行比重的上升也提高了其出行时耗期望值。

5、结论

居民的出行行为有其复杂的作用机制和决策路径，居民属性和居住区位不同使居民的出

行需求存在差异，因此居民的出行行为表现出多样性。以居民属性、居住区位以及出行目的、出行时间、出行方式等出行属性为基础建立的居民出行选择的结构方程模型重点分析外生变量对内生变量，以及内生变量之间的单一作用关系及影响程度；以居民属性、居住区位以及出行机动性、出行费用成本、出行倾向等出行特征为基础建立的居民出行决策的结构方程模型则重点分析多变量之间的相互作用，通过系统的方式模拟居民的出行决策过程。

在居民出行选择的结构方程模型中，以居民属性为基础建立的外生变量对包括出行目的、出行方式、出行时间和出行强度等在内的内生变量存在差异化的作用机制。具体来说，居民属性对居民出行行为的作用机制，是通过影响出行目的、出行时间和出行方式等内生变量组，最终影响居民的出行强度，因此居民属性对出行强度产生的是间接效应；内生变量之间的相互作用路径多、变量关系复杂，但是出行目的作为内生变量的核心，对其他内生变量有着最广泛影响。总的来说，在居民出行选择的结构方程模型中，居民属性和居住区位是根本，出行目的是关键，居民的出行行为可以概括为“属性决定目的，目的决定行动”（图 4）。

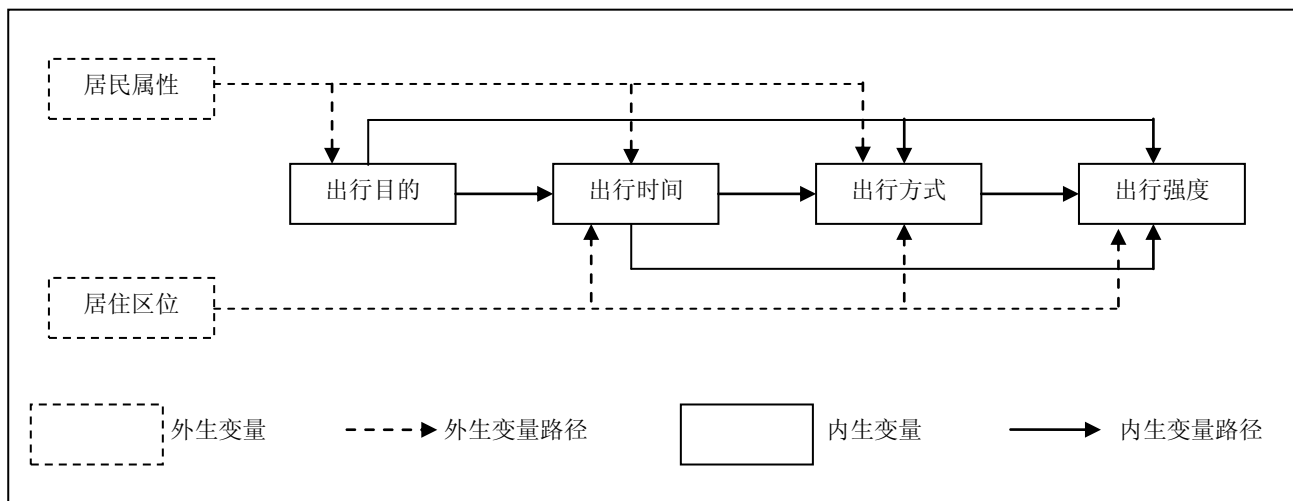


图 4 居民出行选择的结构方程模型的概念路径图

Fig.4 Abstract path diagram of concrete travel choice Structural Equation Model

居民出行决策的结构方程模型则模拟了居民的性别、年龄、收入水平及居住区位等外生变量在居民出行决策过程中的多元差异化路径系统，路径差异使外生变量对居民出行行为产生多重多向的效应和影响。居民的抽象决策模型可以解读为 4 个主要路径系统：性别决策子系统显示，女性居民的生活性出行倾向更强烈，因此下午和傍晚的出行发生率较高，从而增加了女性居民的日出行强度；年龄决策子系统显示，年龄对出行强度表现出多重多向效应的作用，一方面，年龄较大的居民倾向于选择低成本的出行方式，并伴随更强的生活性出行愿望，因此产生更多的日出行次数，另一方面，年龄的增长使居民的出行时间前移，夜间出行概率降低，因此其日出行次数略有下降；收入决策子系统显示，收入越高的居民工作性出行倾向越强烈，并倾向于选择成本较高的出行方式，而工作性出行比重的上升和出行费用的增加都将减少居民的出行强度；居住区位决策子系统显示，郊区型社区居民出行机动性和出行费用成本要高于中心城区和新城区社区居民，出行距离增加和出行费用成本上升会减少郊区型社区居民的出行次数，同时生活性出行比重下降也减少了其日出行频率。

参考文献 (References)

- [1] Law R. Beyond women and transport: towards new geographies of gender and daily mobility. *Progress in Human Geography*, 1999, 23(4): 567—588.
- [2] Miller R. Household activity patterns in nineteenth-century suburbs: a time-geographic exploration. *Annals of the Association of American Geographers*, 1982, 72(3): 355—371.
- [3] Hanson S., Johnston I. Gender differences in work-trip length: explanation and implications. *Urban Geography*, 1985, 6(3): 193—219.
- [4] Bondi L. Gender and geography: crossing boundaries. *Progress in Human Geography*, 1993, 17(2): 241—246.

- [5] Preston V, McLafferty S, Hamilton E. The impact of family status on black, white and Hispanic women's commuting. *Urban Geography*, 1993, 14(3): 228—250.
- [6] Kerry Hamilton, Linda Jenkins. A gender audit for public transport: a new policy tool in the tackling of social exclusion. *Urban Studies*, 2000, 37(10):1793-1800
- [7] David Banister, Ann Bowling. Quality of life for the elderly: the transport dimension. *Transport Policy*, 2004, 11(2): 105-115
- [8] Glanda Laws. "The land of old age": society's changing attitudes towards urban built environment for elderly people. *Annals of the Association of American Geographers*, 1993, 83(4): 672-693
- [9] Rahaf Alsnih, David A. Hensher. The mobility and accessibility expectation of seniors in an aging population. *Transportation Research Part A*. 2003, 37(10): 903-916
- [10] K. Bruce Newbold, Darren M. Scott, Jamie E.L. Spinney, Pavlos Kanaroglou, Antonio Paez. Travel behavior within Canada's older population: a cohort analysis. *Journal of Transport Geography*, 2005, 13(4), pp. 340-351
- [11] Sandra Rosenbloom. Sustainability and automobility among the elderly: an international assessment. *Transportation*, 2001, 28(4): 375-408
- [12] Anu Siren, Liisa Hakamies-Blomqvist. Private car as the grand equalizer? Demographic factors and mobility in Finnish men and women age 65+. *Transportation Research Part F*, 2004, 7(2):107-118
- [13] Thomas W. Sanchez, Qing Shen, Zhong-ren Peng. Transit mobility, job access and low-income labor participation in US metropolitan area. *Urban Studies*, 2004, 41(7):1313-1331
- [14] Philippe Apparicio, Anne-Marie Seguin. Measuring the accessibility of services and facilities for residents of public housing in Montreal. *Urban Studies*, 2006, 43(1): 187-211
- [15] Sumeeta Srinivasan, Peter Rogers. Travel behavior of low-income residents: studying two contrasting locations in the city of Chennai, India. *Journal of Transport Geography*, 2005, 13(3): 265-274.
- [16] Chai Yanwei, Liu Zhilin et al. Time-space structure of Chinese cities. Beijing: Peking University Press, 2002:60-61. [柴彦威, 刘志林 等. 中国城市的时空结构. 北京: 北京大学出版社, 2002: 60-61.]
- [17] Huang Jianzhong. Analysis on the characteristics of resident trip in Chinese mega-cities since 1980's. *Urban Planning Forum*, 2005, (3):71-75. [黄建中. 1980年代以来我国特大城市居民出行特征分析. *城市规划学刊*, 2005, (3): 71-75.]
- [18] Deng Maoying, Xie Li, Lin Xiaohua. An analysis on the characteristics of the trips on Guangzhou inhabitants and development of urban communications. *Tropical Geography*, 2000, 20(1):32-37. [邓毛颖, 谢理, 林小华. 广州市居民出行特征分析及交通发展的对策. *热带地理*, 2000, 20(1): 32-37.]
- [19] Chai Yanwei, Weng Guilin, Gong Hua. A study on temporal and spatial characteristics of shopping behavior of Shenzhen residents. *Human Geography*, 2004, 19(6):79-84. [柴彦威, 翁桂兰, 龚华. 深圳居民购物消费行为的时空特征. *人文地理*, 2004, 19(6): 79-84.]
- [20] Chai Yanwei, Shang Yanran. The study on the temporal-spatial characteristics of the consumer activities of Shenzhen residents at night. *Geographical Research*, 2005, 24(5):803-810. [柴彦威, 尚嫣然. 深圳居民夜间消费活动的时空特征. *地理研究*, 2005, 24(5): 803-810.]
- [21] Lu Youcheng. Research on psychological behavior of the inhabitants on a journey of Wuhu city. *Human Geography*, 1996, 11(1):44-48. [路有成. 芜湖市居民出行心理行为研究. *人文地理*, 1996, 11(1): 44-48.]
- [22] Zhou Suhong, Yan Xiaopei. The relationship between urban structure and traffic demand in Guangzhou. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(1):131-142. [周素红, 闫小培. 广州城市空间结构与交通需求关系. *地理学报*, 2005, 60(1): 131-142.]
- [23] Chai Yanwei, Weng Guilin, Liu Zhilin. Feminist geographical research on the behavior spaces of female residents in Chinese cities. *Human Geography*, 2003, 18(4):1-4. [柴彦威, 翁桂兰, 刘志林. 中国城市女性居民行为空间研究的女性主义视角. *人文地理*, 2003, 18(4): 1-4.]
- [24] Zhang Wenjia, Chai Yanwei. Theories and confirmed model of urban resident's travel demand: considering intra-household interaction. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(12):1246-1256. [张文佳, 柴彦威. 基于家庭的居民出行需求理论与验证模型. *地理学报*, 2008, 63(12): 1246-1256.]
- [25] Zhang Chun, Chai Yanwei, Li Changxia. The characteristics of daily activity of the elderly in Beijing city. *Areal Research and Development*, 2007, 26(4):116-120. [张纯, 柴彦威, 李昌霞. 北京城市老年人的日常活动路径及其时空特征. *地域研究与开发*, 2007, 26(4): 116-120.]
- [26] Chai Yanwei, Li Changxia. The spatial characteristics of shopping behavior of the Chinese urban elderly: a case study of Beijing, Shenzhen and Shanghai. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(3):401-408. [柴彦威, 李昌霞. 中国城市老年人日常购物行为的时空特征——以北京、深圳和上海为例. *地理学报*, 2005, 60(3): 401-408.]

[27] Hau Kit-Tai, Wen Zhonglin, Cheng Zijuan. Structural equation model and its application. Beijing: Education Science Press, 2004: 1-3. [侯杰泰, 温忠麟, 成子娟. 结构方程模型及其应用. 北京: 教育科学出版社, 2004: 1-3.]

A SEM-based Study of Urban Resident's Travel Behavior in Guangzhou

CAO Xiaoshu, LIN Qiang

(School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract:

Based on behaviorism approach, this paper tries to investigate the urban resident's travel behavior in micro-community perspective. Three urban communities have been selected in Guangzhou City to interpret the characteristics of resident's travel behavior. And the structural equation model (SEM) is introduced to explore path route and path effect of exogenous variables on endogenous variables based on the database. Also the mechanism of interaction between residents' attribute and their travel behaviors will be presented. Our findings suggest that urban resident's travel behaviors are divergences because of the diversity on residents' attribute and community location. Generally, the travel pattern, travel timetable and travel frequency are influenced by the travel motive, which is determined by the resident's attribute and community location. And in all the variables, characteristic of resident and community is essential, and travel motive is critical. What's more, resident's attribute and community location affect the travel decision-making process of the residents by numerous of divergent paths, which are multiple of multi-directional. And the travel decision-making process of the resident can be interpreted in the following four sub-path system: The path system of gender shows that compared to male, the female conduct more non-work trip, which raises the travel frequency. The path system of age shows that when the resident getting older, he prefers the lower-cost travel modes with more intensive non-work travel intention, accordingly he travel more. The path system of income shows that the work trip play an important part in higher salary residents' daily travel, which prefer the higher-cost travel modes, and the raise of work trip and travel cost will decrease their travel frequency. The path system of community location shows that compared to communities in center area, the residents of suburban community pay more for travel, which will reduce their travel intension, and less non-work trips will restrain residents' travel frequency.

Key words: urban community; travel behavior; SEM (structural equation model); Guangzhou