

居民非工作活动和出行的结构方程建模

张萍¹, 邓能静¹, 蒋瑶瑶²

(1. 同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 200092; 2. 上海日景规划建筑设计有限公司, 上海 200092)

摘要: 非工作出行在城市居民出行结构中所占比重呈现不断上升趋势. 结合上海市居民出行调查数据, 采用结构方程模型(SEM), 对社区居民非工作活动和出行的作用机制进行建模分析. 研究表明个人特征、家庭特征和社区特征都能对居民非工作活动和出行产生影响, 但社区特征具有较强作用, 而出行者个人属性和家庭属性的影响强度相对要小. 个人特征中就业情况对居民非工作活动和出行影响显著, 家庭特征中小汽车数量有较强的影响效应, 社区特征中社区公共设施覆盖率影响最为显著.

关键词: 非工作活动; 出行行为; 结构方程模型

中图分类号: U491.1

文献标志码: A

Structural Equations Analysis on Non-work Trip of Residents' Activity and Travel Behavior

ZHANG Ping¹, DENG Nengjing¹, JIANG Yaoyao²

(1. State Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Rijing Planning and Architecture Design Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Non-work travel in the proportion of the structure of travel is on the rise. Structural equation modeling (SEM) was adopted to analyze the influence mechanism of residents' non-work activity and travel behavior based on the Shanghai Household Travel Survey. The results of SEM show that socio-demographic characteristics and neighborhood features both affect residents' non-work activity and travel, but neighborhood features have stronger influence than socio-demographic characteristics. The most significant characteristic in individual is the employment situation. The most significant characteristic in household is the number of automobiles. And the most significant characteristic in neighborhood is the coverage of neighborhood services.

Key words: non-work activity; travel behavior; structural equations model

中国的城镇化在过去的三十多年间以年均1%的增长率快速演进, 伴随着人口的城镇化出行需求持续增长, 特别是包括购物出行、休闲娱乐、个人商务、生活及其他非工作目的的出行, 在城市居民出行结构中所占比重呈现不断上升趋势. 上海市居民出行调查显示, 2014年上海市非工作目的的人均日出行次数上升至1.12次, 非工作出行占人均日出行总量约52%, 而2009年, 非工作出行的比例为49%, 1995为32%.

为缓解城市人口、住房和交通等各项压力, 上海市以“大型社区”作为载体推进保障性住房建设, 来安置中心城更新动迁的居民. 继1999年在近郊规划建设15个大型居住社区后, 又于2010年规划23个大型居住社区, 这些社区完全建成后, 上海郊区将会增加约400万人口. 因此分析这些位于城市近郊的社区居民非工作目的的活动和出行行为特征, 研究近郊居民与中心城居民的活动和出行特征差异及其影响因素, 是制定交通、规划等政策的重要依据, 也为提高近郊大型社区居民生活和出行质量提供研究基础.

目前居民出行行为研究主要集中在通勤活动出行方面, 而针对居民非工作活动和出行行为的研究相对较少. GOLOB^[1]分析家庭活动参与和出行链生成之间的关系; MERLIN^[2]分析了建成环境与非工作出行之间的关系; SEO^[3]研究了家庭结构及公共设施可达性对于老年人和非老年人维持性活动和休闲性活动出行频率的影响; GREGORY^[4]研究了丹佛市就业者是否采用小汽车方式通勤对其非工作出行次数、出行方式及出行距离的影响; 鲜于建川^[5]从家庭层面分析了非工作活动生成的影响因素; 陈梓烽^[6]从居民家内/家外非工作活动时间分配的角度, 分析了居民非工作出行需求的产生机理; 吴文静^[7]检验了通勤者的社会、经济及出行特征对活动驻停

收稿日期: 2016-11-29

基金项目: 国家自然科学基金(51378358)

第一作者: 张萍(1970—), 女, 讲师, 工学博士, 主要研究方向为综合交通规划、交通出行行为分析和交通与土地利用.

E-mail: ppzhzh@126.com

及非工作活动开始时间的影响. 还有一些学者针对特定的非工作活动和出行进行研究, 例如韩汶^[8]研究了老年人的休闲性活动出行行为; 魏晓云^[9]研究了郊区居民日常生活出行行为特征; 段玉霞^[10]和王鹏^[11]分别研究了停车收费、拥挤收费对居民非工作出行的影响分析.

交通行为分析框架认为, 出行者特征既能直接影响出行者的出行行为, 又能通过出行者活动参与间接影响出行者出行行为^[12-14]. 而居民出行行为生成是多种因素综合作用的结果, 除了出行者的社会人口属性外, 社区区位、社区可达性等社区特征也影响着出行者的活动参与和出行行为^[2-3, 5, 15-17]. 本文选取上海近郊3个社区和中心城2个社区作为研究案例, 主要讨论的问题是: 居民非工作活动安排和出行行为的影响机制是什么? 非工作出行是居民到各类公共设施进行活动而产生的出行, 那么社区公共设施布局等社区特征对非工作活动参与和出行行为有什么影响? 相比较中心城社区, 郊区社区居民在非工作出行时间、出行方式、活动链等方面具有哪些差异性特征?

1 研究设计和数据

1.1 模型选择

基于本文分析框架, 如图1所示, 应用结构方程模型(structural equation modeling, SEM), 测度在非工作活动中社会人口属性、社区特征、活动参与、出行行为之间的相互关系. 居民活动参与和出行行为生成是由多种因素综合作用的结果, 除了居民社会人口属性、社区区位、社区交通便利性等特征外, 对非工作出行目的而言尤其要重视社区公共设施空间分布特征. 因此, 分析不同因素对居民非工作活动和出行的影响效应, 以及居民非工作活动参与和出行行为选择之间的相互作用, 避免传统的交通需求预测与各项公共政策效果估计之间存在的误差, 保证居民出行对交通政策、规划政策的响应, 是本文基

于结构方程模型进行研究的核心理.

居民出行行为研究中, 离散选择模型也应用较多, 如BNL(binary-nomial logit model)、MNL(multi-nomial logit model)、MNP(multi-nomial probit model)等, 通常分析出行者特征和出行方式等出行行为选择之间的关系. 但以上模型及其改进模型的局限性就在于难以识别不同因素之间的内在关系.

结构方程模型(structural equation modeling, SEM), 是一种建立、估计和检验因果关系模型的方法. 模型中既包含有可观测的显在变量, 也可能包含无法直接观测的潜在变量. 结构方程模型不仅可以定量分析多变量之间的交互关系, 还能够分析变量间的直接效应和间接效应, 从而了解复杂模型中变量之间的相互作用. 随着交通行为科学研究问题复杂性的增加, 当研究所涉及的变量增多, 需要描述多变量之间的复杂因果关系时, 越来越多的学者将结构方程模型引入到交通行为研究领域^[1, 14].

1.2 数学表达

一个完整的结构方程模型通常由两个测量模型(measurement model)和一个结构模型(structural model)构成. 测量模型表示潜变量与观测变量之间的关系, 即描述潜变量由对应的显性指标所测量或概念化; 结构模型分析潜变量之间的关系, 以及模型中其他变量无法解释的变异部分. 由于本文重点研究外生变量和内生变量之间的路径关系, 不引入潜变量, 因此结构方程模型的表达式为

$$y = By + \Gamma x + \zeta \quad (1)$$

式中: y 是内生变量组成的向量; x 是外生变量组成的向量; 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 是结构方程残差向量, 反映 y 在方程中未能解释的部分.

1.3 参数估计

参数估计能得到变量之间关系、模型未能解释部分、变量测量上的误差等参数. 一个完整的结构方程模型包括8个参数矩阵: Λ_y 和 Λ_x 为因子负荷矩阵; B 和 Γ 是路径系数矩阵; Φ 是外生潜在变量 ξ 的协方差矩阵; Ψ 为残差向量 ζ 的协方差矩阵; Θ_ϵ 和 Θ_δ 分别为误差项 ϵ 和 δ 的协方差矩阵. SEM分析的拟合目标为求出参数使得残差的平方和最小, 即模型隐含的协方差矩阵 $\sum(\theta)$ 与样本协方差矩阵 S 的残差最小, 故拟合函数可记为 $F(S, \sum(\theta))$, 求 θ

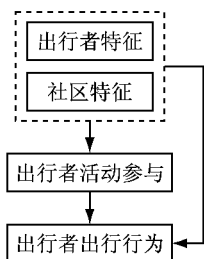


图1 本文分析框架

Fig.1 Analysis framework in this paper

使 $F(S, \sum(\theta))$ 得到最小值. 本文所使用的参数估计方法是最大似然估计法.

1.4 模型评价

模型评价涉及到模型对数据的拟合程度. 模型最常用的拟合指标是拟合优度的卡方检验(χ^2), 可直接由拟合函数值推导, 其值与样本量大小有关. 另外还有标准化残差均方根(SRMER)、近似误差平方根(RMSEA)、拟合优度指数(GFI)、修正的拟合优度指数(AGFI)等指标.

1.5 数据来源

以内环线和外环线将上海城市空间划分为中心区、外围区和郊区, 外环以内的中心区和外围区统称中心城, 本文选取的5个研究社区, 包括长寿社区、大华社区、顾村社区、桃浦社区和吴泾社区, 分别位于3个圈层中, 如图2所示. 这5个社区建成时间较久, 社区公共设施配置较为成熟, 社区描述如表1所示. 因此从社区区位、是否有轨道交通、公共设施覆盖率等社区特征看, 具有代表性和可比性.

表1 研究社区描述

Tab.1 Description of neighborhoods

社区名称	区位	常住人口/万	轨交线	轨交站点
长寿社区	中心区	3.78	1	0
大华社区	外围区	6.96	0	0
桃浦社区	近郊	6.48	1	1
顾村社区	近郊	6.20	1	3
吴泾社区	近郊	4.58	0	0

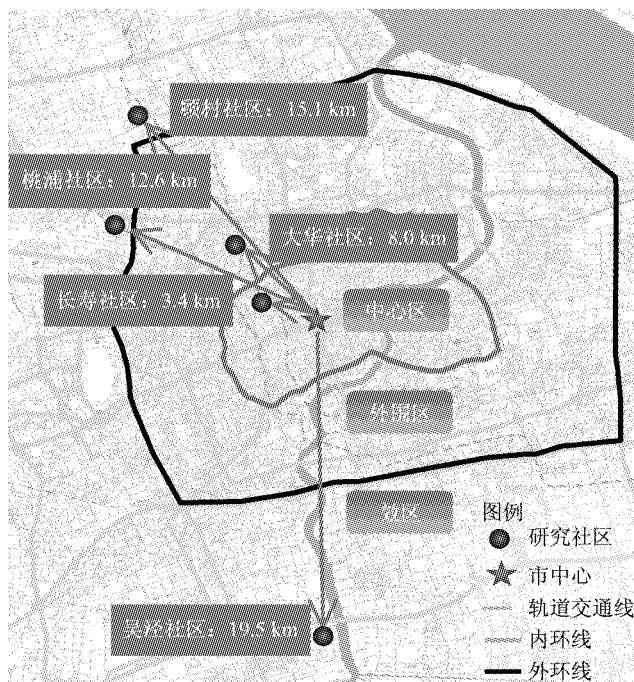


图2 研究社区区位图

Fig.2 The zone map of neighborhoods

本文的活动和出行行为数据来源于2015年上海市居民出行调查, 主要变量包括: ① 社会人口特征, 如性别、年龄、单位地址、家庭人口数、家庭小汽车拥有情况等; ② 居民活动特征, 包括出发时间、到达时间、活动目的及地址、出行方式、出行距离等; ③ 居民出行特征, 如日出行次数、短出行次数、出行方式等. 对回收的调查问卷进行了出行时间连续性、空间一致性以及方式一致性的检验, 剔除无效问卷. 由于本文研究非工作活动和出行, 因此剔除了仅包含工作出行的问卷. 得到有效问卷1 147份, 其中近郊社区居民554份, 外围区社区居民492份, 中心区社区居民101份.

2 模型构建

2.1 数据分析

对5个社区居民的出行行为进行统计分析, 如表2所示:

(1) 中心区社区居民和外围区社区居民在出行行为特征方面的差异性不大, 郊区社区居民与中心城社区居民的出行行为特征差异较大.

(2) 3个圈层社区居民在进行非工作活动出行时均以慢行出行为主, 主要在社区内部或者周边进行非工作活动, 平均出行距离较短; 中心区社区居民小汽车出行比例明显高于其他两个圈层社区居民, 其居民家庭拥有小汽车的比例较高.

(3) 3个圈层社区居民的活动链模式都以简单维持性活动链(家-维持性活动-家, H-M-H)和复杂非工作活动链为主; 中心区社区居民复杂工作活动链比例明显高于其他两个圈层社区居民, 表明中心区社区居民在以通勤为主的过程中, 更多能够进行一些非工作活动.

(4) 3个圈层社区居民的日出行次数和链个数差别不大, 但郊区社区居民短出行次数明显多于其他两个圈层社区居民, 表明郊区社区居民更依赖社区内部公共服务设施进行非工作活动.

表中: N 为有效样本数; H 家; M 为维持性活动; L 为休闲性活动; W 为通勤活动, NW 为非工作活动, 即维持性活动或休闲性活动.

国内外相关研究通常按照出行目的将活动分为三类: 工作性活动、维持性活动和休闲性活动^[6,14]. 本文中非工作活动包括维持性活动(如购物、外出就餐、看病、接送人、银行等)和休闲性活动(如文化体育、娱乐休闲、参观游览等). 根据调查获取的居民活动数据, 包含有非工作活动的活动链模式大致划分为以下4种:

表 2 出行行为特征变量的统计分析
Tab.2 Statistical analysis of traveling behavior variables

出行行为特征		中心区社区 N=101	外围区社区 N=492	郊区社区 N=554
日出行次数/次		2.82	2.53	2.77
短出行次数/次		0.74	0.84	1.43
出行方式	慢行	63.4%	75.2%	74.7%
	公共交通	16.8%	16.3%	18.1%
	小汽车	19.8%	8.5%	7.2%
活动链模式	H-M-H	43.6%	60.0%	52.3%
	H-L-H	10.9%	12.4%	11.9%
	复杂非工作活动链	28.7%	21.1%	24.9%
	复杂工作活动链	16.8%	6.5%	10.8%
	链个数/个	1.23	1.21	1.31

(1) H-M-H:简单维持性活动链;

(2) H-L-H:简单休闲性活动链;

(3) 复杂非工作活动链:活动链中包含 2 次及以上非工作活动出行,活动链代码可以表示为 H-NW-[NW]-H-[NW-[NW]-H](所表示的活动次数可以取 0 次及以上,但一条活动链中所表示的活动次数不能同时都取 0),例如 H-M-L-H 和 H-M-H-L-H 等;

(4) 复杂工作活动链:以通勤为主的出行包含非工作活动,活动链代码可以表示为 H-[NW]-[W]-[NW]-H-[[NW]-[W]-[NW]-H],例如 H-W-M-H、H-M-H-W-H 等。

2.2 变量选择

本文建立社区居民非工作活动与出行的结构方程模型,分析出行者的主观因素(个人特征和家庭特征)和社区特征如何影响居民非工作目的的活动参与和出行行为,以及与非工作活动和出行相关的各种出行选择之间如何相互影响.选取 3 个外生变量组,分别是个人特征(性别、年龄、就业情况、职住情况)、家庭特征(家庭人数、是否有 6 岁以下儿童、小汽车数量)和社区特征(社区区位、是否有轨道交通、维持类公共设施覆盖率、休闲类公共设施覆盖率).选取维持性活动参与(维持性活动出行次数、维持性活动出行距离、维持性活动出行时间)、休闲性活动参与(休闲性活动出行次数、休闲性活动出行距离、休闲性活动出行时间)和出行行为特征(日出行次数、短出行次数、出行方式、活动链模式、链个数)作为结构方程的 3 个内生变量组.变量具体描述如表 3 所示.

表 3 结构方程模型变量描述表
Tab.3 Structural equation model variable description

变量分类	特征	变量名称	变量描述
外生变量	个人特征	性别 x_1	男: $x_1=1$;女: $x_1=0$.
		年龄 x_2	<30 ; $x_2=1$;30-50; $x_2=2$; >50 ; $x_2=3$.
		就业情况 x_3	就业: $x_3=1$;离退休/未就业: $x_3=0$.
		职住情况 x_4	工作目的地与居住地所在行政区分布关系. 职住同区(包含未就业): $x_4=1$;职住不同区: $x_4=0$.
	家庭特征	家庭人数 x_5	家庭常住人口总数, $x_5=1,2,3,4,5,6$.
		是否有 6 岁以下儿童 x_6	是: $x_6=1$;否: $x_6=0$.
		小汽车数量 x_7	家庭小汽车拥有量, $x_7=0,1,2,3$.
	社区特征	社区区位 x_8	居住社区在城市空间所处位置. 中心区: $x_8=1$;外围区: $x_8=2$;近郊: $x_8=3$.
		是否有轨道交通 x_9	社区内是否有轨道交通线路经过并且布设站点 是: $x_9=1$;否: $x_9=0$.
		维持类公共设施覆盖率 x_{10}	社区内各种维持类公共服务设施服务区域覆盖率平均值
		休闲类公共设施覆盖率 x_{11}	社区内各种休闲类公共服务设施服务区域覆盖率平均值
内生变量	维持性活动参与	维持性活动出行次数 y_{11}	一天内维持性活动总的出行次数(次)
		维持性活动出行距离 y_{12}	一天内维持性活动平均出行距离(km/次)
		维持性活动出行时间 y_{13}	一天内维持性活动总的出行时间(min)
	休闲性活动参与	休闲性活动出行次数 y_{21}	一天内休闲性活动总的出行次数(次)
		休闲性活动出行距离 y_{22}	一天内休闲性活动平均出行距离(km/次)
		休闲性活动出行时间 y_{23}	一天内休闲性活动总的出行时间(min)
	出行行为特征	日出行次数 y_{31}	一天内总的出行次数(不包括短出行)
		短出行次数 y_{32}	一天内所有不超过 400 m 的短距离出行次数
		出行方式 y_{33}	一天内非工作出行的主出行方式 慢行: $y_{33}=1$;公交: $y_{33}=2$;小汽车: $y_{33}=3$.
		活动链模式 y_{34}	一天内完整的活动链情况 H-M-H: $y_{34}=1$;H-L-H: $y_{34}=2$; H-NW-[NW]-H-[NW-[NW]-H]: $y_{34}=3$; H-[NW]-[W]-[NW]-H-[[NW]-[W]-[NW]-H]: $y_{34}=4$.
		链个数 y_{35}	一天内出行链个数,即基于家的往返行程次数

2.3 模型结构

采用模型由结构方程外生与内生变量之间、内生变量相互之间的关系表示,模型结构设定如图3所示.在SPSS中建立数据库,导入AMOS构建联立方程式的结构方程模型.

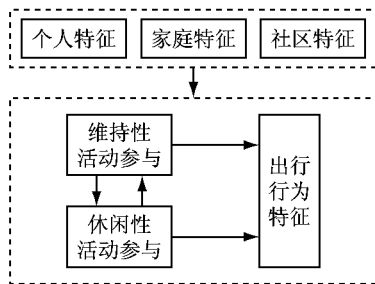


图3 模型结构设定

Fig.3 Model structure setting

2.4 模型拟合及评价

使用最大似然估计(Maximum Likelihood)进行模型运算,各项拟合指标运算结果及优度检验如表4所示.模型各项拟合指标均符合适配标准要求,拟合程度良好.模型置信水平95%以上.

表4 模型拟合优度检验

Tab.4 Goodness-of-fit indices

评价指标	检验结果	适配标准
卡方值/自由度($\chi^2 \cdot df^{-1}$)	1.405	1~3 表示适配度良好
标准化残差均方根(SRMR)	0.032	<0.05
近似误差均方根(RMSEA)	0.020	<0.05
拟合优度指数(GFI)	0.985	>0.9
调整拟合优度指数(AGFI)	0.973	>0.9

3 结果分析与讨论

3.1 个人特征对非工作活动和出行行为的效应分析

如表5所示,就业情况对维持性活动参与和出行行为有较强影响,而对休闲性活动的影响并不显著.就业情况对维持性活动出行距离有较为显著的正效应,说明就业者比未就业、离退休人员维持性活动的平均出行距离要长,这主要由于就业者会将维持性活动安排在上下班途中完成.这一点与职住情况对活动链模式的影响是一致的,通勤者更倾向于复杂工作活动链,并且复杂工作活动链中通常结合维持性活动,而不是休闲性活动.

年龄对休闲性活动参与有较强影响,随着年龄的增长,居民休闲性活动出行距离缩短.对出行行为的较强影响表现在,年龄较大的居民400 m范围内

的短出行次数更高,出行方式的机动性减弱,更倾向选择步行和公交等出行方式,活动链模式则以简单链为主,如H-M-H和H-L-H.

性别的直接影响主要表现在休闲性活动参与,男性参与休闲性活动的出行次数和时间普遍高于女性.女性更注重照顾家庭,除了工作出行之外还需进行各类维持性活动.

3.2 家庭特征对非工作活动和出行行为的效应分析

如表6所示,家庭特征中小汽车数量对居民非工作活动参与和出行行为影响显著.家庭拥有小汽车使居民无论维持性活动还是休闲性活动的出行距离都增大,维持性活动的出行时间增加,在非工作出行时更倾向于选择机动性较强的小汽车出行.

家庭人数和家庭中是否有6岁以下儿童对休闲性活动参与有一定影响.家庭规模越大,居民休闲性活动强度越小,居民能够支配在文化体育、休闲娱乐、参观游览等休闲性活动的时间和精力相对较少.如果家庭中有儿童,居民休闲性活动的平均出行距离会增加.

3.3 社区特征对非工作活动和出行行为的效应分析

如表7所示,社区区位和社区内是否有轨道交通,影响居民维持性活动参与和出行行为,但对休闲性活动参与的影响不显著.维持类和休闲类公共设施覆盖率对相应的活动参与和出行行为都有显著影响.

与中心城相比,近郊社区居民维持性活动的平均出行距离较大,活动链模式倾向于选择简单链,这与近郊社区公共设施的可达性相对较差有关.社区内布设轨道站点居民活动链模式选择,主要通过日出行次数产生间接影响,居民日出行次数增加后选择复杂链的概率增大.

较高的维持类公共设施覆盖率会增加居民的维持性活动强度,特别对短出行次数影响显著.较高的休闲类公共设施覆盖率会促使居民更多选择慢行,活动链模式倾向于简单链.这是由于维持性活动在一定条件下经常与其他活动结合出行,而休闲性活动倾向于单独构成一次基于家的往返出行.

3.4 内生变量之间的效应分析

维持性活动参与的直接效应路径系数如图4a所示,维持性活动出行距离对出行方式产生直接作用,居民维持性活动出行距离越长,越倾向于选择机动性更强的出行方式.同时,维持性活动参与内部各

变量之间相互作用显著。

休闲性活动参与的直接效应路径系数如图 4b, 居民休闲性活动出行次数增多, 其维持性活动出行次数和出行时间相应减少。维持性活动对休闲性活

动的影响并不显著, 但休闲性活动对维持性活动却有明显的抑制作用, 这说明随着生活水平的提高, 居民更注重休闲娱乐和身心健康类活动。

表 5 个人特征对非工作活动参与和出行行为的总体效应、直接效应和间接效应

Tab.5 Total, direct and indirect effect of personal characteristics on activity participation and travel													
内生变量	外生变量	性别			年龄			就业情况			职住情况		
		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
维持性活动参与	出行次数	-0.041	0	-0.041	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	出行距离	-0.011	0	-0.011	0	0	0	0.101	0.101***	0	0	0	0
	出行时间	-0.025	0	-0.025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
休闲性活动参与	出行次数	0.069	0.069*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	出行距离	0.038	0	0.038	-0.075	-0.075***	0	0	0	0	0	0	0
	出行时间	0.059	0.059*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
出行行为特征	日出行次数	0	0	0	0	0	0	0.059	0.059***	0	-0.044	-0.044***	0
	短出行次数	0	0	0	0.110	0.110***	0	0	0	0	0	0	0
	出行方式	0.013	0	0.013	-0.098	-0.098***	0	0.165	0.125***	0.040	0	0	0
	活动链模式	0.010	0	0.010	-0.031	-0.031*	0	0.106	0.059**	0.046	-0.124	-0.089***	-0.035
	链个数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注: $P < 0.05$, 显著性水平为 * ; $P < 0.01$, 显著性水平为 ** ; $P < 0.001$, 显著性水平为 ***。

表 6 家庭特征对非工作活动和出行行为的总体效应、直接效应和间接效应

Tab.6 Total effect, direct and indirect effect of family characteristics on activity participation and travel										
内生变量	外生变量	家庭人数			是否有 6 岁以下儿童			小汽车数量		
		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
维持性活动参与	出行次数	0.021	0	0.021	0	0	0	0	0	0
	出行距离	0.005	0	0.005	0	0	0	0.103	0.103***	0
	出行时间	0.013	0	0.013	0	0	0	0.070	0.070**	0
休闲性活动参与	出行次数	-0.035	-0.035*	0	0	0	0	0	0	0
	出行距离	-0.019	0	-0.019	0.040	0.040*	0	0.058	0.058**	0
	出行时间	0	0	0	0	0	0	0	0	0
出行行为特征	日出行次数	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	短出行次数	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	出行方式	0.002	0	0.002	0	0	0	0.289	0.248***	0.041
	活动链模式	0	0	0	0	0	0	0.028	0.028*	0
	链个数	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注: $P < 0.05$, 显著性水平为 * ; $P < 0.01$, 显著性水平为 ** ; $P < 0.001$, 显著性水平为 ***。

表 7 社区特征对非工作活动和出行行为的总体效应、直接效应和间接效应

Tab.7 Total, direct and indirect effect of community characteristics on activity participation and travel													
内生变量	外生变量	社区区位			是否有轨道交通			维持类公共设施覆盖率			休闲类公共设施覆盖率		
		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
维持性活动参与	出行次数	0	0	0	0.065	0.065**	0	0.022	0.022*	0	0	0	0
	出行距离	0.068	0.068**	0	0.017	0	0.017	0.006	0	0.006	0	0	0
	出行时间	0	0	0	0.031	0	0.031	0.011	0	0.011	-0.069	-0.069***	0
休闲性活动参与	出行次数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	出行距离	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.039	-0.039*	0
	出行时间	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
出行行为特征	日出行次数	0	0	0	0.150	0.150***	0	0	0	0	0	0	0
	短出行次数	0.414	0.414***	0	0.026	0	0.026	0.501	0.521***	-0.020	0.010	-0.012*	0.022
	出行方式	0.027	0	0.027	-0.071	-0.064*	-0.007	0.038	0.028*	0.010	-0.287	-0.275***	-0.011
	活动链模式	-0.052	-0.052***	0	0.118	0	0.118	0	0	0	-0.033	-0.033*	0
	链个数	0	0	0	0.177	0.177***	0	-0.132	-0.132***	0	0.147	0.147***	0

注: $P < 0.05$, 显著性水平为 * ; $P < 0.01$, 显著性水平为 ** ; $P < 0.001$, 显著性水平为 ***。

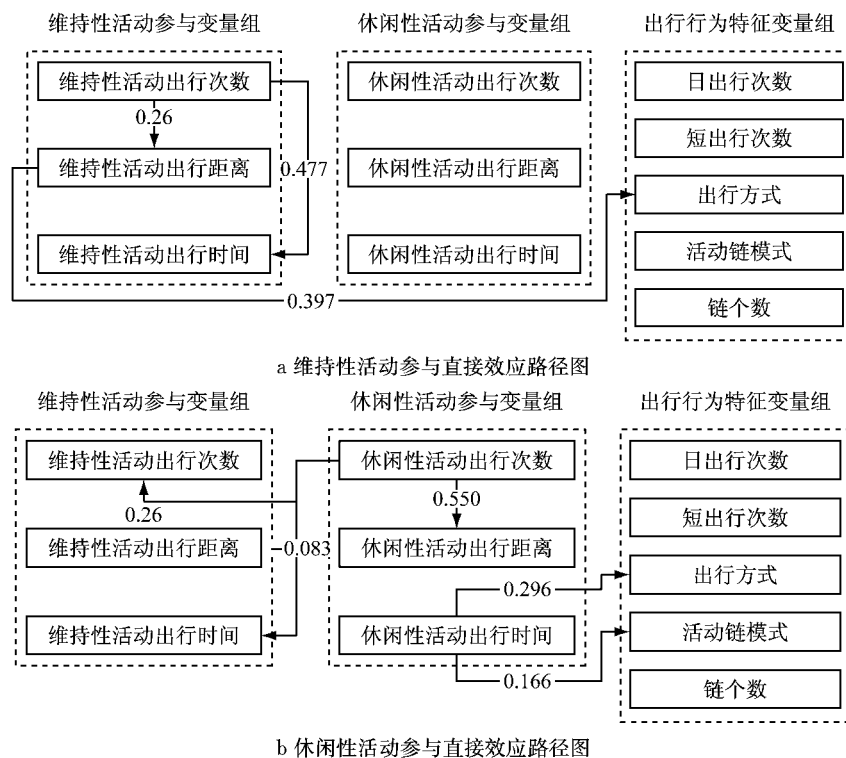


图4 内生变量直接效应路径图

Fig.4 Endogenous variable direct effect path

4 结论

根据上述分析,得出以下结论:

(1) 通过结构方程模型,能够捕捉到居民社会人口特征、社区特征、非工作活动参与和出行行为之间的复杂关系.特别是模型结果显示,在模型中包含进社区特征外生变量,能够比仅有社会人口特征变量更好地解释非工作出行行为.

(2) 个人特征、家庭特征和社区特征都对居民非工作活动和出行行为产生影响,但影响强度不同.整体而言,社区特征的影响强度大于出行者个人特征、家庭特征.

(3) 个人特征中影响最为显著的变量是就业情况,由于居民就业情况的差异导致活动特征的差异,进一步造成出行特征的差异;家庭特征中影响最为显著的变量是小汽车数量,小汽车数量对维持性活动出行距离的直接效应为 0.103,对出行方式的直接效应为 0.289;社区特征中影响最为显著的变量是社区公共设施服务覆盖率.

通过结构方程模型,能够更全面地解释居民非工作活动参与和出行行为的影响机制,以及它们的影响强度,从而科学指导相关政策的制定.居民非工作出行行为是多因素综合作用的结果,不仅与居民

社会人口特征有关,更与社区区位、社区公共设施布局等土地利用因素有关,因此将行为研究和交通政策制定协同考虑、交通政策和土地规划政策协同考虑,对于引导居民活动参与和出行行为具有重要作用.当然,这只是对非工作活动和出行的整体研究,后续研究有几个问题可以继续讨论,例如非工作出行是到各类公共设施进行活动而产生的出行,除了公共设施覆盖率,居民的意愿和偏好特征,如使用满意度、生活时间分配等,对非工作活动和出行的影响怎样,这需要进一步的居民调查,并将潜变量添加进模型进行分析.

参考文献:

- [1] GOLOB T F. A simultaneous model of household activity participation and trip chain generation [J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2000, 34(5): 355.
- [2] MERLIN L A. Can the built environment influence nonwork activity participation? An analysis with national data [J]. Transportation, 2015, 42(2): 369.
- [3] SEO S E, OHMORI N, HARATA N. Effects of household structure and accessibility on travel [J]. Transportation, 2013, 40(4): 847.
- [4] KWOKA G J, BOSCHMANN E E, GOETZ A R. The impact of transit station areas on the travel behaviors of workers in Denver, Colorado [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2015, 80: 277.

- [5] 鲜于建川, 隗志才. 非工作活动生成和分配模式研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(4): 124.
XIANYU Jianchuan, JUN Zhicai. Generation and organization of household non-work activity stops[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2011, 11(4): 124.
- [6] 陈梓烽, 柴彦威. 城市居民非工作活动的家内外时间分配及影响因素——以北京上地—清河地区为例[J]. 地理学报, 2014, 69(10): 1547.
CHEN Zifeng, CHAI Yanwei. Time allocation to in-home and out-of-home non-work activities of urban residents: a case study of Shangdi—Qinghe area in Beijing[J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(10): 1547.
- [7] 吴文静, 隗志才. 通勤者下班后非工作活动时间选择决策行为[J]. 中国公路学报, 2010, 23(6): 92.
WU Wenjing, JUN Zhicai. Decision-making behavior of commuters' non-working activity time choice after work[J]. China Journal of Highway and Transport, 2010, 23(6): 92.
- [8] 韩汶. 城市老年人休闲活动出行行为机理研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2015.
HAN Wen. Research on travel behavior mechanism of the elderly's leisure activity[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2015.
- [9] 魏晓云. 上海近郊城镇居民日常生活出行行为特征的分析[D]. 上海: 同济大学, 2006.
WEI Xiaoyun. Research on suburb citizen's daily living travel behavior character in Shanghai—for instance Jiading[D]. Shanghai: Tongji University, 2006.
- [10] 段玉霞. 停车收费对私家车出行者非通勤出行行为的影响研究——以昆明为例[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2010.
DUAN Yuxia. Impact of parking fee on private car travelers' non-commuting travel behavior—a case study of Kunming City[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2010.
- [11] 王鹏, 郑长江, 王鹏. 拥挤收费对居民非通勤出行行为的影响分析[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2015, 32(5): 137.
WANG Peng, ZHENG Changjiang, WANG Peng. The impact analysis of non-commuting under congestion charging[J]. Journal of Guizhou University (Natural Science), 2015, 32(5): 137.
- [12] STOPHER P R, HARTGEN D T, LI Y. SMART: simulation model for activities, resources and travel[J]. Transportation, 1996, 23(3): 293.
- [13] LEE Y, HICKMAN M, WASHINGTON S. Household type and structure, time-use pattern, and trip-chaining behavior[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2007, 41(10): 1004.
- [14] KUPPAM A R, PENDYALA R M. A structural equations analysis of commuters' activity and travel patterns[J]. Transportation, 2001, 28(1): 33.
- [15] LEE J. Impact of neighborhood walkability on trip generation and trip chaining: case of Los Angeles[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2016, 142(3): 05015013.
- [16] 陈燕萍, 宋彦, 张毅, 等. 城市土地利用特征对居民出行方式的影响——以深圳市为例[J]. 城市交通, 2011, 9(5): 80.
CHEN Yanping, SONG Yan, ZHANG Yi, et al. Impact of land use development on travel mode choice: a case study in Shenzhen[J]. Urban Transport of China, 2011, 9(5): 80.
- [17] KRIZEK K J. Neighborhood services, trip purpose, and tour-based travel[J]. Transportation, 2003, 30(4): 387.