

基于混合选择模型的绿色就医出行方式

周晨静¹, 聂欣月¹, 戴冀峰¹, 冉越²

(1. 北京建筑大学土木与交通工程学院, 北京 100044; 2. 北京交研都市交通科技有限公司, 北京 100081)

摘要: 为增加医院绿色就医出行吸引力, 探究医院周边交通基础设施配置对绿色就医出行方式选择行为意向的影响, 采用问卷调查法获取就医出行者个人属性、出行特征、客观环境、政策措施与出行行为方式选择心理意向特征之间关联数据, 基于扩展计划行为理论模型和离散选择模型构建混合分析模型, 开展变量影响及影响路径分析。最后总结梳理了医院周边慢行交通出行设施一体化配置方法。结果表明: 医院周边慢行出行环境服务水平、慢行道路网密度对绿色就医出行方式选择意向呈正向影响关系, 而公交站点布设距离则对绿色就医意向呈负向影响关系, 说明改善医院周边慢行交通环境、建立慢行系统和公交系统一体化是促进选择意向转移的重要手段。该研究为城市医院地区街道更新提供指引。

关键词: 计划行为; 出行方式转移; 潜变量; 混合选择模型; 绿色出行; 就医出行

中图分类号: U 491.1

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2022)05-0533-10

doi: 10.11936/bjtxb2021070003

Choice Behavior of Green Medical Travel Based on Mixed Choice Model

ZHOU Chenjing¹, NIE Xinyue¹, DAI Jifeng¹, RAN Yue²

(1. School of Civil and Traffic Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;
2. Beijing Jiaoyan Urban Transportation Technology Co., Ltd., Beijing 100081, China)

Abstract: To increase the attractiveness of green medical travel, and explore the influence of transportation infrastructure configuration around hospitals on the behavior intention of green medical travel mode selection, a questionnaire survey was conducted to obtain the correlation data between personal attributes, travel characteristics, objective environment, policy measures and psychological intention characteristics of medical travel mode selection. Based on the extended planned behavior theory model and discrete choice model, a hybrid analysis model was constructed to analyze the impact of variables and the impact path. Finally, the allocation methods of slow traffic facilities around the hospital were summarized and combed. Results show that the service level of the slow travel environment around the hospital and the density of the chronic road network have a significant positive impact on the green medical intention, while the layout of bus stops has a significant negative impact on the green medical intention, indicating that improving the slow traffic environment around the hospital and buliding the integration of slow traffic system and public transport system is an important means to promote the transfer of choice intention. This study provides guidance for street renewal in urban hospital areas.

Key words: planning behavior; transfer of travel mode; latent factor; mixed selection model; green travel; medical travel

收稿日期: 2021-07-09; 修回日期: 2021-11-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(517008037)

作者简介: 周晨静(1987—), 男, 副教授, 主要从事道路通行能力、微观交通仿真、驾驶行为方面的研究, E-mail: zhouchenjing@bucea.edu.cn

随着社会总体经济与国民人均经济的不断发展,与国民生活息息相关的就医需求逐步向高质量、高服务水平发展,我国医院建设进入一个新阶段。然而在建设或管理城市大型医院过程中更多关注医院内部环境建设,忽视医院周边出行环境建设与城市路网衔接问题。高品质就医需求与当前就医出行难构成显著民生矛盾,医院周边交通拥堵问题突出已成为城市医院地区的普遍现象。究其原因在于医院有限空间难以解决短时集中规模性私家车就医出行,调整和改变就医出行结构,促进就医人员从小容量私家车向大容量公共交通或其他绿色出行方式转变成为缓解就医出行难的重要路径。以往出行方式转移研究^[1-2]多采用效用理论,考虑出行者自身属性、出行距离、出行时耗、出行费用等显性因素,将决策过程中出行者心理变量则作为随机变量处理^[3-5]。随着研究的深入,发现出行者自身主观因素对出行方式选择有着显著影响^[6-8],甚至存在出行者认知差异导致出行方式选择效用理论失效的情形^[4]。基于行为理论的研究逐步替代效用理论来分析出行方式决策行为,目前已有不少研究融入行为习惯^[9-10]、心理偏好^[5]等因素,将计划行为理论应用于出行方式选择行为的解释和预测上,且结果显示行为模式的解释力得到了大幅度提高。例如,吕向茹^[11]基于结构方程模型构建通勤方式转移模型,结果表明通勤者个人特征通过影响出行偏好间接影响通勤方式的转移;安颖^[12]建立小汽车出行推拉转移模型,关注环境污染与个人健康相关影响作用,验证各心理变量、信息情景变量对转移意愿的作用形式;舒诗楠等^[5]基于扩展计划行为理论,得出通过实施小汽车限制措施以提升态度与偏好是推进小汽车向自行车转移的重要手段;张昱等^[13]基于计划行为理论,发现低碳通勤意愿由认知特征决定,行为态度作用最显著;Alder等^[14]提出了混合选择模型,将心理因素纳入到选择模型框架中,从而更好地表达模型内在机制,以增强模型的可解释能力;Prochaska等^[15]研究表明人的行为变化并非一次性的事件,而是一个渐进和连续的过程,提出的跨理论混合分析模型将是必要的手段;Paulssen等^[16]考虑价值观会影响个人对不同出行方式的选择行为,建立基于价值-态度-行为认知层次混合模型并进行实例验证,为规划决策者制定公共交通出行政策提供分析依据。

本文将就医出行方式选择行为认为是行为决策的一种,基于扩展计划行为理论模型和离散选择模型构建混合分析模型,探究就医人员基本属性、内在

心理及外部影响对就医出行方式选择行为的影响,为医院周边交通基础设施规划设置及管理提供理论基础。本文首先对研究所需的基本理论进行说明,并依据基本理论设计面向医院绿色就医出行方式选择行为的调查问卷;然后在调查问卷信度与效度分析的基础上,构建医院绿色就医出行方式选择行为分析模型,探究该出行方式选择行为机理。

1 研究理论

1.1 基本思路

计划行为理论^[17]是在理性行为理论基础上增加知觉行为控制因素,认为个人行为意向受行为态度、主观规范、知觉行为控制3个方面的影响。行为态度是指个人对该项行为所抱持的正面或负面的感觉,主观规范是指个人对于是否采取某项特定行为所感受到的社会压力,知觉行为控制因素是指个体对其拟采取特定行为难易程度的感知。知觉行为控制感知源于个体自身和外界环境,细分行为主体内在障碍和外界障碍可提高模型理论的解释力^[6]。在交通出行方式选择行为领域研究表明除去以上3个方面,尚有个体基于历史经验所产生的出行偏好影响个体行为意愿到行为之间关系的强度和方向^[5-6]。

对于这些在决策过程中难以直接测量的变量统称为潜在变量,此类变量只能由观测指标间接测量。就医人员个人属性、出行基本特征、政策措施、医院周边交通基础设施配置等变量影响着个人行为决策,而不受其影响,这类变量统称为外源潜在变量;受上述变量影响的心理变量称之为内源潜在变量。用于描述外源潜在变量的观测指标称其为显变量。个人属性包括性别、年龄、学历、月收入、交通工具可用性;出行基本特征为出行距离;政策措施包括停车收费、限行等措施等;医院周边交通基础设施配置主要是指公交站点与医院连通便捷性、步行环境服务品质、公共设施服务质量等。显性变量直接或间接作用于就医人员出行决策过程变量,产生出行行为选择意向,由此形成出行行为方式选择决策的逻辑链条。

基于上述分析,本文在出行态度与出行行为决策之间增加出行偏好,将知觉行为控制分为个体内部障碍与外部障碍,由显变量与潜在变量共同作用构建个体出行方式选择决策模型,涉及变量及其定义具体如表1所示。以往的回归统计模型研究的是观测变量之间的关系,对于模型中各潜在变量之间的因果关系,通常采用结构方程模型作为分析、验证

表1 变量定义
Table 1 Variable definition

变量类型	变量指标	参数符号	赋值
个人属性特征	性别	θ_1	0 = 男性, 1 = 女性
	年龄	θ_2	以实际年龄大小赋值
	收入	θ_3	1 = [0, 1 500) 元, 2 = [1 500, 3 000) 元, 3 = [3 000, 5 000) 元, 4 = [5 000, 8 000) 元, 5 = [8 000, 15 000) 元, 6 = [15 000, ∞) 元
	学历	θ_4	1 = 初中及以下, 2 = 高中/职高/中专, 3 = 大专/本科, 4 = 硕士及以上
	非机动车可用性	θ_5	0 = 不可用, 1 = 可用
	小汽车可用性	θ_6	0 = 不可用, 1 = 可用
出行特征	出行距离	θ_7	1 = [0, 5) km, 2 = [5, 10) km, 3 = [10, 15) km, 4 = [15, 20) km, 5 = [20, 25) km, 6 = [25, ∞) km
非机动车出行环境特征	非机动车出行环境服务水平	θ_8	医院周边的非机动车道环境服务水平: 1 = 5 级, 2 = 4 级, 3 = 3 级, 4 = 2 级, 5 = 1 级
	非机动车道路网密度	θ_9	医院周边的非机动车道密度 (kg/km ²)
步行出行环境特征	步行出行环境服务水平	θ_{10}	医院周边的步行环境服务水平: 1 = 5 级, 2 = 4 级, 3 = 3 级, 4 = 2 级, 5 = 1 级
	步行路网密度	θ_{11}	医院周边的人行道路网密度 (kg/km ²)
公共设施服务状况	通过交叉口次数	θ_{12}	1 = 小于 2 次, 2 = 大于 2 次
	有无红绿灯装置	θ_{13}	0 = 否, 1 = 是
	有无过街天桥	θ_{14}	0 = 否, 1 = 是
	地铁站点距离	θ_{15}	地铁站点与医院的距离 (m)
	公交站点距离	θ_{16}	公交站点与医院的距离 (m)
政策措施	小汽车限速措施	θ_{17}	医院周边限制小汽车行驶速度后被调查者的选择意向
	提高停车费	θ_{18}	医院周边调整停车费后被调查者的选择意向
	减少停车位	θ_{19}	医院周边减少停车位后被调查者的选择意向
	增收拥堵费	θ_{20}	医院周边增收小汽车拥堵费后被调查者的选择意向
心理因素	就医出行态度	α_1	就医出行者对绿色交通出行的出行态度
	就医出行偏好	α_2	就医出行对绿色交通出行的出行偏好
	主观规范	α_3	就医出行者对绿色交通出行的主观规范
	个人障碍	α_4	就医出行者对绿色交通出行的主观规范
	外部障碍	α_5	就医出行者对绿色交通出行时的外部障碍
	绿色就诊出行意向	α_6	就医出行者的绿色交通出行意向

的主要手段。本文融合多指标多因素 (multiple indicators and multiple causes, MIMIC) 结构方程模型和多项离散选择模型形成基于计划行为理论的出行方式选择决策模型作为分析工具, 对就医人员选择绿色出行方式的决策行为进行解释, 具体框架如图 1 所示。

1.2 建模思路

1.2.1 潜变量模型

在 MIMIC 模型中, 潜变量被视为观测指标的自变量、显变量的因变量, 因此可以更好描述复杂系统之间的因果关系。通常由结构方程和测量方程组

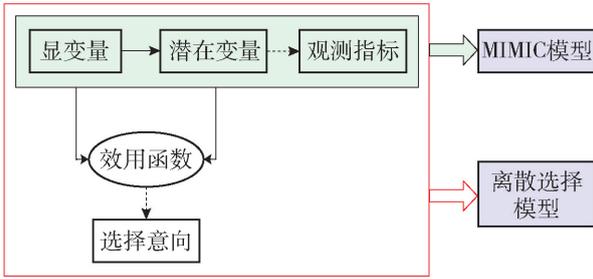


图1 混合选择模型框架图

Fig. 1 Framework of mixed choice model

成,模型表达式分别为

$$\boldsymbol{\eta} = \boldsymbol{\Gamma}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{\zeta} \quad (1)$$

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2)$$

式中: $\boldsymbol{\eta}$ 为潜在变量向量,分别为就医出行态度、出行偏好、主观规范、个人障碍与外部障碍、出行意向; \boldsymbol{x} 为显变量向量,分别为就医者基本情况、出行特征、政策措施、医院周边建成环境的观测向量; \boldsymbol{y} 为潜在变量 $\boldsymbol{\eta}$ 的可观测指标向量; $\boldsymbol{\zeta}$ 、 $\boldsymbol{\varepsilon}$ 为误差项; $\boldsymbol{\Gamma}$ 、 \boldsymbol{A} 为等待估计的参数矩阵。

1.2.2 选择模型

将就医人员的显变量和潜在变量与效用函数链接,得到效用函数

$$U_{in} = \sum a_{il}x_{iln} + \sum b_{ik}\alpha_{ikn} + \varepsilon_{in} \quad (3)$$

式中: x_{iln} 为就医人员的显变量参数; α_{ikn} 为就医人员的潜在变量参数; a_{il} 、 b_{ik} 为待估计系数。

当 $0 \leq P_{in} \leq 1$, $\sum_{i \in A_n} P_{in} = 1$, ε_{in} 、 ε_{jn} 相互独立且均服从二重指数分布时,选择第 i 个方案的效用最大。可得混合选择模型的表达式

$$P_{in} = \text{Prob}(U_{in} > \max_{j \in A_n} U_{jn}, \forall i \neq j, j \in A_n) = \frac{\exp\left(\sum a_{il}x_{iln} + \sum b_{ik}\alpha_{ikn} + \varepsilon_{in}\right)}{\sum \exp\left(\sum a_{jl}x_{jln} + \sum b_{jk}\alpha_{jkn} + \varepsilon_{jn}\right)} \quad (4)$$

式中: ε_{in} 、 ε_{jn} 为误差干扰项; A_n 为可选择集合。

1.3 观测指标及内容

在确定基本行为影响架构后,各个变量的观测指标成为影响模型分析的关键内容。本次研究围绕私人小汽车出行和绿色交通出行2个方面进行对比,构思形成不同维度的分析指标,具体如表1所示。

2 数据获取

2.1 调研内容

本文考虑显变量与潜在变量对绿色就医出行意向的影响,采用李克特量表方法通过问卷形式

获取每项指标的评判值。每个潜在变量对应的指标均由一段语言描述,如表2所示,陈述范围从“完全不赞同”至“非常赞同”,分别记录为1~5分进行编码。

问卷发放时间为2020年11月15日至12月15日,调查对象为在医院就诊人员。在此期间共收集400份问卷,其中有效样本为341份。根据Chin^[18]提出的样本量方法:样本量不低于测量变量的10倍,问卷中共涉及18个变量,最低样本量为180个,有效问卷数量满足要求。

根据样本数据统计,被调查者中男性占比51.74%,女性占比48.26%;如图2所示,被调查者年龄主要集中于中青年,即18~50岁占比为54.73%;如图3所示,收入以中低收入为主,3000元以下的占比17.91%,5001~8000元占比为25.87%,8000~15000元占比为26.37%。有效样本中包含了不同的个人属性特征。

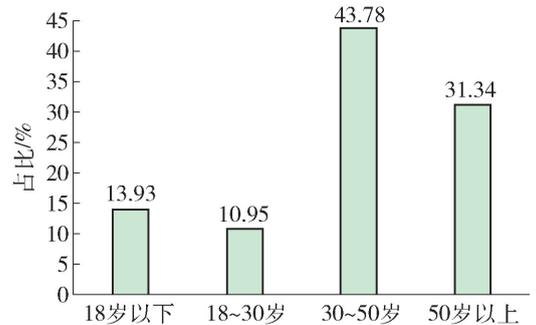


图2 就医出行年龄分布情况

Fig. 2 Age distribution of medical traveler

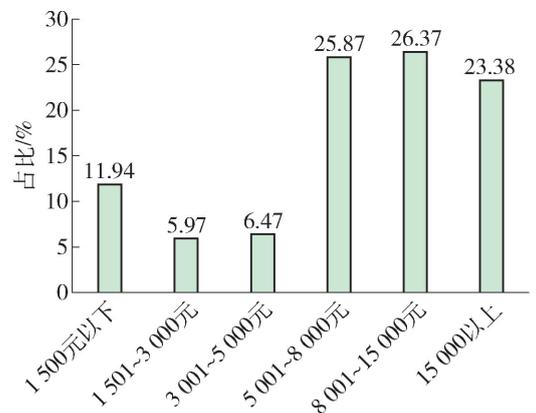


图3 就医出行收入分布情况

Fig. 3 Income distribution of medical traveler

统计结果显示,出行距离在5 km以内的就医者选择步行出行的比例最高33%,其次为地铁21%,公交为15%;5~20 km的中距离出行中公共交通

(地铁和公交)最高为59%,小汽车次之为29%;大于20 km的长距离出行则以小汽车为主,占比为46%,公共交通次之,占比为36%。说明在中长距离出行中公共交通存在较大的发展空间,在长距离出行中就医者偏向于小汽车出行。

2.2 信效度检验

使用 Cronbach's α 系数法检测问卷调查结果的

可靠性,并采用 KMO 测度检验和 Bartlett 球形检验分别对问卷效度进行检验。检验结果如表3所示,各测量指标的 Cronbach's α 值为 0.792 ~ 0.910,均高于 0.7;KMO 值为 0.708 ~ 0.936,均大于 0.7,且 Bartlett 球形检验值的显著性均为 0.000,小于 0.001。表明该问卷具有较高的信效度,可进行建模。

表2 潜在变量定义及描述

Table 2 Definition and description of latent variable

变量名称	观测指标	叙述
就医出行态度 α_1	AA ₁	小汽车就医易发生交通事故
	AA ₂	恶劣天气下绿色交通方式就医不安全
	AB ₁	绿色交通方式就医比较新颖
	AB ₂	绿色交通方式就医比较方便
	AB ₃	绿色交通方式就医比较省时
	AB ₄	绿色交通方式就医比较经济
就医出行偏好 α_2	BA ₁	绿色交通方式能满足就医需求
	BA ₂	绿色交通方式就医比汽车环保
	BA ₃	我喜欢绿色交通出行
主观规范 α_3	CA ₁	媒体宣传对我选择绿色就医有影响
	CA ₂	政府政策对我选择绿色就医有影响
	CA ₃	亲朋就医出行习惯对我选择绿色就医有影响
	CA ₄	亲朋推荐对我选择绿色就医有影响
个人障碍 α_4	DA ₁	我能方便地使用绿色交通工具就医
	DA ₂	我能方便地获取关于绿色就医出行信息
	DA ₃	就医采用绿色出行工具对于我来说经济效用更高
	DA ₄	绿色交通方式中的公共基础设施较为完善
外部障碍	EA ₁	医院周边公交或轨道交通站点距离较远,需要一定时间步行才能到达
	EA ₂	医院地面公交站点附近缺少过街天桥设施,易对行人造成安全隐患
	EA ₃	医院附近过街天桥缺少对非机动车穿行管控,易对行人造成安全隐患
	EA ₄	医院出入口附近无斑马线信号装置,增加绕行距离
慢行设施障碍	EB ₁	医院附近非机动车道、步行道设置宽度较窄,通行较为困难
	EB ₂	医院周边非机动车道、步行道路网密度不够完善
	EB ₃	医院周边非机动车道、步行道被小汽车占道停放现象严重
绿色出行意向	FA ₁	我愿意在就医时选择绿色方式
	FA ₂	我以后依旧选择绿色交通方式就医
	FA ₃	我会推荐并鼓励朋友选择绿色交通方式就医
政策措施限制	GA ₁	医院内部及周边停车位减少,让我倾向于绿色交通方式就医
	GA ₂	停车费用上涨,让我倾向于绿色交通方式就医
	GA ₃	征收汽车拥堵费,让我倾向于绿色交通方式就医
	GA ₄	限号措施,让我倾向于绿色交通方式就医
	GA ₅	公交优先政策,让我倾向于绿色交通方式就医

表3 样本数据验证

Table 3 Sample data validation

测量指标	Cronbach's α 值	KMO 值	Bartlett 球形检验	显著性
就医出行态度	0.910	0.936	777.334	0.000
就医出行偏好	0.792	0.708	177.638	0.000
主观规范	0.830	0.811	283.063	0.000
个人障碍	0.869	0.824	384.224	0.000
外部障碍	0.891	0.879	885.163	0.000
绿色出行意向	0.826	0.719	219.441	0.000
政策措施	0.812	0.842	290.265	0.000

3 模型标定

3.1 潜变量估算

采用MIMIC模型对绿色就医出行方式选择影响因素进行分析,模型构架如图4所示.使用AMOS软件对本文模型进行框架构建及分析,采取最大似然法对模型路径参数进行估计.经过多次模型修正后,得到内源潜在变量与观测变量、显变量之间的荷载关系.对MIMIC模型开展拟合度检验,检验结果证明模型可以接受,如表4所示.

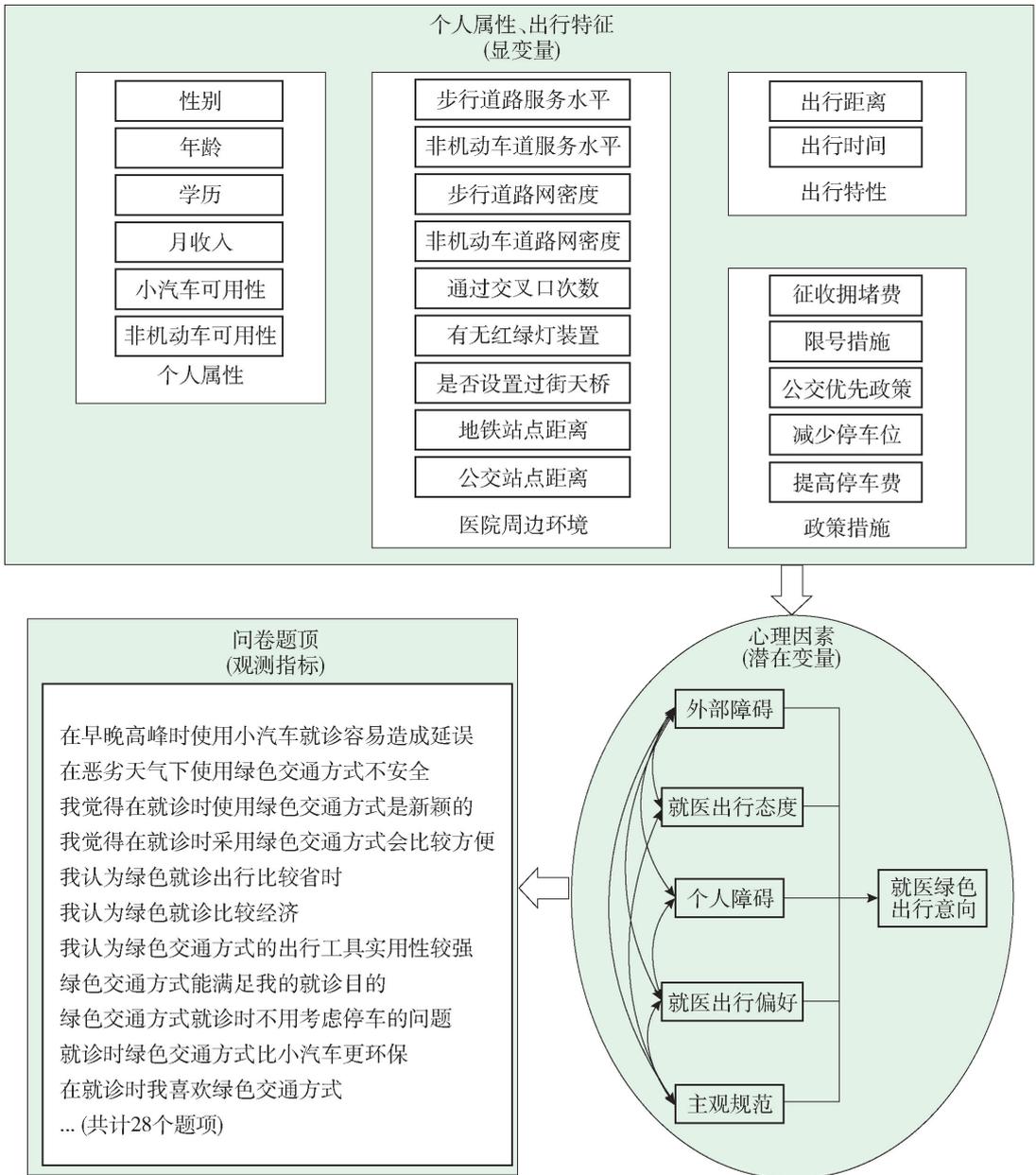


图4 MIMIC模型架构

Fig.4 Frame of MIMIC model

对潜在心理因素与观测指标进行标准化后^[19],得到各个潜变量计算适配值和赋值,即

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha_1 &= 0.143AB_1 + 0.134AB_2 + 0.145AB_3 + \\ &\quad 0.136AB_4 + 0.146AB_5 + 0.149AA_1 + \\ &\quad 0.147AA_2 \\ \alpha_2 &= 0.325BA_1 + 0.351BA_2 + 0.324BA_3 \\ \alpha_3 &= 0.240CA_1 + 0.230CA_2 + 0.271CA_3 + \\ &\quad 0.259CA_4 \\ \alpha_4 &= 0.239DA_1 + 0.280DA_2 + 0.254DA_3 + \\ &\quad 0.227DA_4 \\ \alpha_5 &= 0.150EB_1 + 0.151EB_2 + 0.154EB_3 + \\ &\quad 0.147EA_1 + 0.119EA_2 + 0.132EA_3 + \\ &\quad 0.147EA_4 \\ \alpha_6 &= 0.352FA_1 + 0.308FA_2 + 0.340FA_3 \end{aligned} \right. \quad (5)$$

3.2 模型标定

借助 SPSS 软件,将显变量和潜在变量的值输入

至软件,标定各个模型参数. 本文构建了 2 个模型,分别为不包含潜变量的多元有序 Logit 模型和包含潜变量的混合选择模型. 模型构建过程中,采用逐步筛选方法剔除显著性不强的变量,得到模型参数标定结果,如表 5 所示.

表 4 结构方程模型指标检验表

Table 4 Structural equation model index test

拟合指标	模型结果	评价标准
CMIN/DF	1.115	< 2.00
GFI	0.944	> 0.9
AGFI	0.931	> 0.9
NFI	0.957	> 0.9
CFI	0.952	> 0.9
IFI	0.965	> 0.9
RMSEA	0.024	< 0.08

表 5 模型参数拟合结果分布表

Table 5 Distribution of model parameters fitting results

变量类型	变量名称	参数赋值	多元有序 Logit 模型		混合选择模型	
			系数值	显著性	系数值	显著性
因变量	绿色就医选择意向	Y = 1	-2.669	0.014	-2.146	0.005
		Y = 2	-3.038	0.001	-3.348	0.000
个人属性	性别	$\theta_1 = 1$	0.332	0.030	—	—
	年龄	θ_2	-0.023	0.000	-0.068	0.000
	月收入	$\theta_3 = 1$	0.539	0.000	0.307	0.000
		$\theta_3 = 2$	0.204	0.000	0.560	0.000
	学历	$\theta_6 = 0$	0.669	0.008	—	—
小汽车可用性	$\theta_6 = 0$	0.702	0.036	0.156	0.007	
出行特征	出行距离	θ_7	-0.153	0.019	-0.197	0.058
周边出行环境	非机动车道服务水平	θ_8	0.436	0.015	0.583	0.045
	非机动车道路网密度	θ_9	0.267	0.038	0.373	0.047
	步行道路服务水平	θ_{10}	0.260	0.012	0.514	0.019
	步行道路网密度	θ_{11}	0.352	0.011	0.259	0.019
	通过交叉口次数	$\theta_{12} = 1$	0.701	0.028	0.218	0.010
		$\theta_{12} = 2$	-0.608	0.044	-1.007	0.044
	是否设置过街天桥	$\theta_{14} = 0$	-0.440	0.045	-0.556	0.018
	地铁站点距离	θ_{15}	-0.153	0.013	-1.379	0.006
	公交站点距离	θ_{16}	-0.885	0.008	-0.921	0.003

续表 5

变量类型	变量名称	参数赋值	多元有序 Logit 模型		混合选择模型	
			系数值	显著性	系数值	显著性
政策措施	限号措施	θ_{17}	—	—	0.372	0.018
	提高停车费	θ_{18}	—	—	—	—
	减少停车位	θ_{19}	—	—	—	—
	增收拥堵费	θ_{20}	—	—	—	—
	公交优先政策	θ_{21}	—	—	—	—
心理变量	就医出行态度	α_1	—	—	0.361	0.009
	就医出行偏好	α_2	—	—	0.223	0.196
	主观规范	α_3	—	—	0.116	0.164
	个人障碍	α_4	—	—	0.486	0.002
	外部障碍	α_5	—	—	-0.439	0.003
	绿色就医出行意向	α_6	—	—	0.245	0.022
检验指标	似然比检验		0.000		0.000	
	McFadden's R^2		0.306		0.344	

注:表中“—”为影响不显著。

从表 5 中检测指标可看出,2 种模型的似然比检验值均小于 0.05,表明 2 种模型均适合对当前数据进行分析。其中带有潜变量的混合模型的 McFadden's $R^2 = 0.344$,不带潜在变量的多元有序 Logit 模型的 McFadden's $R^2 = 0.306$,前者拟合度高于后者,说明混合模型对出行选择具有更好的解释能力。

4 结果分析

4.1 个人属性与出行特征

在不包含潜在变量模型的个人属性中,女性就医者更倾向于选择绿色交通方式出行。由于绿色交通方式的出行性价比较高,低学历($0.669, 0.008 < 0.05$)、低收入($\theta_3 = 1: 0.539, 0.000 < 0.05$; $\theta_3 = 2: 0.204, 0.000 < 0.05$)以及小汽车不可用($0.702, 0.036 < 0.05$)的就医者对绿色出行有较高的意向。就医者的年龄($-0.023, 0.000 < 0.05$)、出行距离($-0.153, 0.019 < 0.05$)对绿色交通出行意向为负影响,说明就医者年龄越大、出行距离越远,对绿色就医的出行意向越低。

在包含潜在变量的混合模型中,性别和学历对绿色出行意向的影响并不显著,说明两者是通过心理潜在变量间接影响出行行为的,对绿色就医出行意向影响较大的依次为月收入($\theta_3 = 1: 0.307, 0.000 <$

0.05 ; $\theta_3 = 2: 0.560, 0.000 < 0.05$)、小汽车可用性($0.156, 0.007 < 0.05$)。说明在就医出行中,选择绿色交通方式首先受限于就医者自身的经济条件,其次为交通出行工具。

4.2 周边出行环境与政策措施

在不包含潜在变量的模型中,医院周边出行环境系列因素对绿色就医均有显著性影响。其中,医院周边交叉口穿行次数低于 2 次($0.701, 0.028 < 0.05$)、非机动车道服务水平($0.436, 0.015 < 0.05$)及其路网密度($0.267, 0.038 < 0.05$)、步行道路服务水平($0.260, 0.012 < 0.05$)及其路网密度($0.352, 0.011 < 0.05$)对就医者绿色意向有正向影响,说明完善医院周边慢行交通设施有助于提高就医人员的绿色就医意向。公交站点距离($-0.885, 0.008 < 0.05$)、交叉口穿行次数高于 2 次($-0.608, 0.044 < 0.05$)、未设置过街天桥($-0.440, 0.045 < 0.05$)和地铁站点距离($-0.153, 0.013 < 0.05$)会负向影响就医者的绿色就医意向,证明医院周边的慢行交通与公共交通衔接不顺畅会降低就医者绿色交通出行意向。

另外医院周边出行环境中的各要素在混合模型中也均为显著影响,说明医院周边建成环境对绿色就医行为决策存在较大影响。

政策措施中仅有限号措施($0.372, 0.018 <$

0.05)对就医出行者的意向影响显著,该因素间接影响小汽车的可用性。进一步证明,降低小汽车的可用性对促进绿色交通出行有较大的正向影响。公交优先政策、减少停车位和增收拥堵费这些措施试图通过倾斜公交政策、减少医院停车供给、提高小客车出行成本等途径,增加小客车出行难度,从而影响就医出行人员选择私家车出行意向。根据模型结果,该类措施对于远距离或者具有驾驶倾向的私家车就诊出行者的行为选择影响并不显著,反而是衔接便捷的大容量交通出行方式、高水平的慢行环境更能引导方式转变。

4.3 心理因素(潜在)变量

根据混合模型结果分析,就医出行偏好(0.196 > 0.05)、主观规范(0.164 > 0.05)对绿色就医意向的影响不显著,而就医出行态度(0.361, 0.009 < 0.05)、个人障碍(0.486, 0.002 < 0.05)对意向行为的影响较为显著,且均为正向影响,但外部障碍(-0.439, 0.003 < 0.05)对意向行为有最大的显著负向影响。就医者对特定出行方式所持有正向或负向的态度源于对该种出行方式的主观评价,而评价的形成受自身感受、他人观点等因素影响。选择某种方式出行,是否会存在个人障碍或外部障碍,就医者则是根据个人主观因素、自身或他人对客观环境的出行体验等因素所形成的历史经验分析得出的结论。

上述分析可知,就医者自身主观评价以及对医院周边交通设施的出行体验,对是否具有选择绿色出行方式意向存在较大的影响。表明提高医院周边基础设施建设以及绿色交通出行环境服务水平、积极宣传与推广绿色就医出行,可以改善就医者对其出行态度,对促进绿色就医行为至关重要。

5 成果应用

医院周边环境建设状况对就医者的绿色交通方式选择有显著性影响,完善医院周边绿色交通系统规划与设计是促进绿色交通出行方式转移的重要手段,基于模型结论为医院周边环境建设提出如下建议。

1) 在道路设施方面,建议优化医院周边慢行系统,包括增设医院周边过街设施,尤其是立体化过街设施;考虑医院周边路段慢行设施布局,实行机非隔离,改善慢行道路宽度和平整度;以医院为结点构建区域慢行系统一体化,与城市公共交通系统相辅相成、协同发展。

2) 在公共设施方面,建议强化公共交通站点与医院通道无缝化衔接,缩短站点与医院之间的距离,保障就医者安全、快捷地到达医院就诊;考虑与周边居民区联合实施共享停车措施,严禁机动车侵占慢行道路区域,合理规划机动车、非机动车停放区域,保证医院周边交通环境安全、有序。

3) 在出行保障方面,通过政策引导与执法力度的强化,达到保障慢性路权目的,改善就医者绿色出行的服务体验,从而促使就医者向绿色出行转移。

6 结论

1) 加入潜在变量的混合模型拟合优度要高于常规的逻辑模型,混合选择模型对出行意向行为有较好的解释性。

2) 个人特征中性别和学历通过心理潜在变量间接影响就医选择绿色出行意向。出行意向主要受以下几个因素影响:出行成本、交通工具拥有情况以及就医者对医院周边出行环境的体验与评价。模型中的主观规范和出行偏好并没有达到预期的效果,表明研究模型尚存在不足,潜在变量之间的关系还需要积累大量的实证研究。

3) 医院周边交通应通过路网规划、路权保障、政策引导等措施,建立一体化、立体化的慢行系统和公交系统,降低就医者的私家车可用性,促使就医出行人员向绿色交通出行转移,减轻医院周边交通压力。

参考文献:

- [1] 吉芳芳. 小汽车通勤出行方式向公共交通转移模型研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2014.
JI F F. Research on model of car commuter travel mode shift to public transport [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2014. (in Chinese)
- [2] 丁平峰. 定制公交出行方式选择模型研究[D]. 南京: 东南大学, 2015.
DING P F. Research on the choice model of customized bus [D]. Nanjing: Southeast University, 2015. (in Chinese)
- [3] 许冰. 城际交通出行方式选择 ICLV 模型研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
XU B. Research on the ICLV model of intercity travel mode selection [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018. (in Chinese)
- [4] 付学梅, 隽志才. 基于 ICLV 模型的通勤方式选择行为[J]. 系统管理学报, 2016, 25(6): 1046-1050.

- FU X M, JUN Z C. Commuting mode choice behavior based on ICLV model [J]. *Journal of Systems & Management*, 2016, 25(6): 1046-1050. (in Chinese)
- [5] 舒诗楠, 边扬, 荣建, 等. 短距离下小汽车出行向自行车出行转移意向 MIMIC 模型[J]. *北京工业大学学报*, 2019, 45(10): 998-1008.
- SHU S N, BIAN Y, RONG J, et al. Transition from driving to bicycling in short-distance travel based on MIMIC model [J]. *Journal of Beijing University of Technology*, 2019, 45(10): 998-1008. (in Chinese)
- [6] 杨冉冉. 城市居民绿色出行行为的驱动机理与政策研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2016.
- YANG R R. Study on driving mechanism and policies of urban residents' green travel behavior [D]. Beijing: University of Mining and Technology, 2016. (in Chinese)
- [7] MUÑOZ B, MONZON A, LÓPEZ E. Transition to a cyclable city: latent variables affecting bicycle commuting [J]. *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, 2016, 84(2): 4-17.
- [8] 舒诗楠, 边扬, 荣建, 等. 基于跨理论模型的小汽车向自行车出行分阶段转移过程[J]. *东南大学学报(自然科学版)*, 2018, 48(2): 373-380.
- SHU S N, BIAN Y, RONG J, et al. Staged approach from driving to bicycling based on transtheoretical model [J]. *Journal of Southeast University (Natural Science Edition)*, 2018, 48(2): 373-380. (in Chinese)
- [9] 景鹏, 隽志才, 查奇芬. 扩展计划行为理论框架下基于 MIMIC 模型的城际出行行为分析[J]. *管理工程学报*, 2016, 30(4): 61-68.
- JING P, JUN Z C, CHA Q F. Application of the expanded theory of planned behavior in intercity travel behavior based on MIMIC model [J]. *Journal of Industrial Engineering Management*, 2016, 30(4): 61-68. (in Chinese)
- [10] 景鹏, 隽志才, 查奇芬. 考虑心理潜变量的出行方式选择行为模型[J]. *中国公路学报*, 2014, 27(11): 84-92, 108.
- JING P, JUN Z C, CHA Q F. Incorporating psychological latent variables into travel mode choice model [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2014, 27(11): 84-92, 108. (in Chinese)
- [11] 吕向茹. 基于出行者效用的城市通勤方式转移模型研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2017.
- LÜ X R. Study on transfer model of urban commuting mode based on travelers' utility [D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2017. (in Chinese)
- [12] 安颖. 基于多元信息的个体机动化出行向公共交通出行方式转移研究[D]. 南京: 东南大学, 2019.
- AN Y. Study on travel mode switching from individual motorization to public transport based on multi-information [D]. Nanjing: Southeast University, 2019. (in Chinese)
- [13] 张昱, 孙岩, 刘学敏. 基于 TPB 的北京市居民低碳通勤选择机制研究[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 56(6): 831-837.
- ZHANG Y, XUN Y, LIU X M. Theory of planned behavior applied to choice of low carbon commuting of Beijing residents [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2020, 56(6): 831-837. (in Chinese)
- [14] ALDER T, BEN-AKIVA M. A theoretical and empirical model of trip chaining behavior [J]. *Transportation Research Part B*, 1979, 13: 243-257.
- [15] PROCHASKA J O, DICLEMENTE C C, NORCROSS J C. In search of how people change: applications to addictive behaviors [J]. *American Psychologist*, 1992, 47(9): 1102-1114.
- [16] PAULSSEN M, TEMME D, VIJ A, et al. Values, attitudes and travel behavior: a hierarchical latent variable mixed logit model of travel mode choice [J]. *Transportation*, 2014(41): 873-888.
- [17] AJZEN I. The Theory of Planned Behaviour: Reactions and Reflections [J]. *Psychology & Health*, 2011, 26(9): 1113-1127.
- [18] CHIN W W. The partial least squares approach to structural equation modeling [J]. *Modern methods for Business Research*, 1998, 295(2): 295-336.
- [19] 甘佐贤. 进城务工人员出行方式选择行为研究[D]. 西安: 长安大学, 2015.
- GAN Z X. Travel mode choice behavior analysis for migrant workers [D]. Xi'an: Chang'an University, 2015. (in Chinese)

(责任编辑 杨开英)