

文章编号: 2095-2163(2024)01-0209-06

中图分类号: U231.4

文献标志码: A

地铁乘客无障碍电梯选择行为影响因素分析

黄南思靖

(上海工程技术大学 城市轨道交通学院, 上海 201620)

摘要: 为更好地满足出行障碍乘客的需求,探究影响乘客无障碍电梯选择行为的具体因素。本文首先从人因因素、环境因素、心理潜变量3个维度,构建乘客无障碍电梯选择行为指标体系,并提出相关因素的影响路径假设;之后基于实地调研数据并结合指标体系与假设路径构建结构方程模型;最后对模型及影响路径进行验证,并得出各因素对乘客无障碍电梯选择行为的影响路径及强度。结果表明:心理潜变量、环境因素都对乘客无障碍电梯的选择行为造成正面影响,人因因素会造成负面影响;乘客是否负重及负重程度、乘客对车站是否熟悉、无障碍电梯可视性指数3条路径,对乘客无障碍电梯选择行为的影响最大,并提出合理化建议措施。研究结论对加强地铁车站无障碍电梯的服务水平、提高乘客出行体验有着重要的实践意义。

关键词: 交通运输; 无障碍电梯选择行为; 结构方程模型; 心理潜变量

Analysis of influencing factors on the behavior of subway passengers choosing accessible elevators

HUANG Nansijing

(School of Urban Railway Transportation, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: In order to better meet the needs of passengers with travel disabilities, we explore the specific factors affecting passengers' behavior in choosing accessible elevators. This paper firstly constructs the indicator system of passenger accessibility elevator choice behavior from three dimensions of human factors, environmental factors, and psychological latent variables, and puts forward the hypothesis of the influence path of related factors; then constructs the structural equation model based on the field research data and combining the indicator system with the hypothetical path; finally, validates the model and the influence path, and derives the influence path and intensity of each factor on passenger accessibility elevator choice behavior. Finally, the model and the influence paths are validated and the influence paths and intensity of each factor on passengers' choice of accessible elevator behavior are derived. The results show that: psychological latent variables, environmental factors have a positive impact on passengers' choice of accessible elevator, and human factors will have a negative impact; whether passengers are loaded and the degree of load, whether passengers are familiar with the station, and the accessibility index of the elevator have the greatest impact on passengers' choice of accessible elevator, and put forward the rationalization of the proposed measures. The conclusions of the study have important practical significance for strengthening the service level of accessible elevators in subway stations and improving passengers' travel experience.

Key words: transportation; accessible elevator choice behavior; structural equation modeling; heart latent variables

0 引言

无障碍电梯是地铁无障碍环境设计中的重要设施,其主要功能是为乘客提供垂直位移的无障碍进出站方式,也是部分弱势群体唯一的进出站方式,在地铁车站运营中起到非常关键的作用。无障碍电梯一般为老年人、残疾人、推婴儿车或携带大件行李的乘客服务。乘客不当的无障碍电梯选择会影响地铁站台通行效率,导致车站客运组织混乱、人群聚集和

无序拥挤^[1],甚至产生安全隐患。因此,研究地铁出站^[2]环境无障碍电梯的选择行为具有重要意义。

国内外学者在交通选择行为领域研究较多。梁妍娇等^[3]将无障碍电梯考虑在内,基于Logit模型,将出站设施选择影响因素分为性别、年龄、负重、属性及出站时间进行研究。刘剑锋等^[4]提出了一种基于深度搜索优先和分交界定思想的有效路径搜索算法,选择时间、步行距离、拥挤度等作为影响因素,改进了传统的logit随机路径选择模型,分析了影响

作者简介: 黄南思靖(1999-),男,硕士研究生,主要研究方向:交通行为与安全。

收稿日期: 2023-07-17

哈尔滨工业大学主办 ◆ 科技创见与应用

城市轨道交通乘客路径选择的主要原因。为了尽可能地削弱出行者异质性的干扰,研究人员针对传统离散选择模型进行了多种角度的优化。M Dell'Orco^[5]等引入可能性理论,模拟人类信息感知中的不确定性进行建模,研究驾驶员的动态选择行为。刘建荣^[6]利用潜在类别条件 Logit 模型研究高铁站出行者的出行选择行为。陈立扬等^[7]利用 Anylogic 仿真软件,研究设施布置对行人走行特性的影响,并提出将人流密度和平均走行时间作为评价指标。谷鑫鑫等^[8]综合使用了 SP 和 RP 调查,选择等待时间、行程时间等作为效用函数特性变量,构建多项 logit 模型,分析共享汽车服务时出行者出行方式的选择影响因素。景鹏等^[9]基于 Ajzen^[10]的计划行为理论框架,在行为态度、主观规范和感知行为控制 3 个因素的条件,额外提出了描述性规范与行为习惯两个预测变量,以月收入为敏感性变量,并将其整合到带有心理潜变量的混合选择模型中进行估计,研究心理潜变量对出站设施选择行为的影响。

以上研究表明,目前交通行为选择的研究重点多在交通出行方式的宏观选择行为研究,微观角度开展设施选择行为的研究较少。鉴于此,本文构建乘客微观行为选择的指标体系,基于调查问卷采集电梯乘客、环境、心理特征数据,通过结构方程模型^[11]计算分析,得出各因素对乘客无障碍电梯选择行为的影响路径及强度。

1 乘客无障碍电梯选择模型

1.1 结构方程模型

本文针对地铁车站的无障碍电梯使用的设计,以方便、快捷和安全为前提,试图构建无障碍电梯使用者在多因素共同作用下选择行为模型,以期准确、客观地挖掘各因素对乘客选择的影响。

多因素分析问题中,多项独立因素影响相关问题最为基础和普遍,结构方程模型 (Structural Equation Modeling, SEM) 是一种多变量统计方法,包含测量模型和结构模型两部分,分析核心是变量间协方差,协方差矩阵不但可以描述变量之间的线性关联,还可通过数据与假设模型间协方差的差异,验证模型的适配度,因此通常用以研究无法直接观测的变量数据以及相关性的。

构建结构方程模型包括测量方程和结构方程,测量方程和结构方程分别如式(1)和式(2)所示:

$$\eta = \Gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

$$Y = \Lambda_y\eta + \varepsilon \quad (2)$$

式中: Y 为指标向量, Λ_y 为指标向量在潜变量上的因子负荷矩阵, η 为潜变量, Γ 为显变量对潜变量的影响, ξ 为显变量, ε 和 ζ 为残差。

1.2 乘客无障碍电梯选择行为指标体系构建

1.2.1 理论分析

首先,乘客个人因素是影响其选择无障碍电梯的最重要因素。例如:老年群体和携带大件行李的乘客,一般会优先选择无障碍电梯;残疾者及手推婴幼儿车的成年人,也会更倾向于无障碍闸机。因此,分析乘客个人因素对分析影响无障碍电梯选择具有重要意义。其次,地铁车站的相关设施环境也是影响乘客对无障碍电梯选择的重要因素。例如:当无障碍电梯处聚集人数过多时,部分具有相关需求的乘客会选择扶梯出行;而当乘客无法迅速找到无障碍电梯或相关引导标识时,或许会选择正常设施。因此,也需针对地铁车站的设施环境因素进行深入分析。最后,在实地调研及乘客访谈过程中发现:当乘客下车时,会出现乘客下意识地跟随前方乘客走向无障碍电梯的情况;部分对车站熟悉的乘客会优先选择空闲的无障碍电梯。因此,本文将乘客不可观测的内心因素,即心理潜变量纳入无障碍电梯选择影响因素中。

1.2.2 指标体系

本文拟在传统人-机-环的基础上,创新性的提出乘客的心理潜变量,并结合理论分析,根据影响乘客选择无障碍电梯的具体因素建立指标体系,并据此构建乘客无障碍选择模型。

指标体系由以下 3 方面构成:人因属性、环境因素、心理潜变量 3 方面。其中,人因属性包括年龄、性别、出行性质、是否残疾、是否推车、是否负重及程度;环境因素包括标识可视性指数、无障碍电梯可视性指数、客流密度、乘客与无障碍电梯实际距离、客流速度、下车点位置指标;心理潜变量包括感知距离、乘客对站点熟悉程度、乘客寻路意识、乘客的跟随意愿。具体指标体系见表 1。

1.3 路径假设及基本结构

通过与有关专家的讨论并进行实地调研后,基于人因属性、环境因素、心理潜变量 3 个维度,对乘客的无障碍电梯选择行为进行分析,提出 13 种假设关系有待检验,见表 2。

基于 13 种基本假设及表 1 所示相关影响参数,本文建立的结构方程模型如图 1 所示。

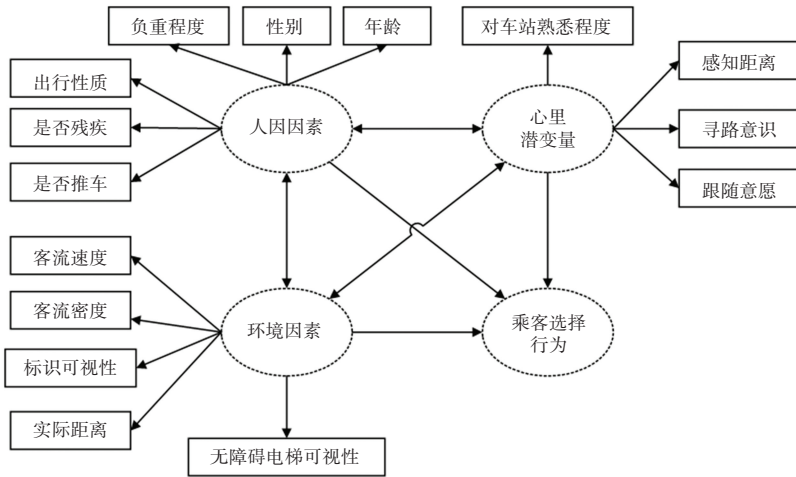


图 1 乘客设施选择行为结构方程模型图

Fig. 1 Structural equation model of passenger facility selection behavior

表 1 乘客对于无障碍电梯选择行为的影响因素

Table 1 Factors influencing passengers' behavior in choosing accessible elevators

属性分类	影响因素
人因属性	年龄 性别 出行性质 是否残疾 是否推车 是否负重及程度
设施环境因素	无障碍标识可视性指数 无障碍电梯可视性指数 乘客与无障碍电梯实际距离 客流密度 客流速度
心理潜变量	感知距离 乘客对站点熟悉程度 乘客寻路意识 乘客的跟随意愿

表 2 基本路径假设

Table 2 Basic path assumptions

编号	影响因素	预期关系	影响类型
H1	标识可视度	正向影响	人因属性
H2	电梯可视度	正向影响	环境因素
H3	实际距离	负向影响	环境因素
H4	跟随意识	正向影响	心理潜变量
H5	站点熟悉程度	正向影响	人因属性
H6	年龄	正向影响	人因属性
H7	感知距离	负向影响	心理潜变量
H8	推车与否	正向影响	人因属性
H9	残疾与否	正向影响	人因属性
H10	负重程度	正向影响	人因属性
H11	心理潜变量	正向影响	心理潜变量
H12	客流密度	正向影响	环境因素
H13	客流速度	负向影响	环境因素

2 实例设计

2.1 调查问卷设计及发放

本文于 2023 年 3 月在地铁车站及网络发放自主设计的地铁无障碍电梯选择影响因素调查,问卷以指标体系为基础进行题目设计,具体见表 3。

表 3 问卷设计

Table 3 Questionnaire design

影响因素	水平设计
年龄	55 岁以下,55 岁以上
性别	男,女
出行目的	时间紧迫,时间宽裕
是否残疾	是,否
是否推车	是,否
负重程度	小,中,大
标识可视性指数	无障碍电梯标识找寻时间/s
无障碍电梯可视性指数	无障碍电梯找寻时间/s
客流密度	小,正常,高峰期
客流速度	慢,正常,快速
下车点位置	相隔车门数/个
感知距离	估算相距车门数/个
寻路意识	高,一般,低
站点熟悉程度	高,一般,低
跟随意愿	高,一般,低

经统计,共收集到 127 份调查问卷数据。其中,网络问卷 47 份,车站问卷 80 份,15 份问卷缺失内容过多,不计入统计计算,因此有效问卷共 112 份。Likert 量表是一种问卷工具,通过要求受访者对一系列陈述表达程度上的同意或不同意,从而量化受访者的态度、感觉和行为倾向。表 4 显示了调查问卷中各项指标的分类、影响因素以及对应的量化赋值,使得原本定性的数据转换为可进行统计分析的定量数据,具体的问卷指标量化标准见表 4。

表4 Likert 问卷指标量化标准

Table 4 Quantitative standards for Likert questionnaire indicators

属性分类	影响因素	子项类别及赋值(类别;赋值)
人因属性	年龄	55岁以下:1;55岁以上:2
	性别	男:1;女:2
	出行性质	时间宽裕:1;时间紧迫:2
	是否残疾	是:2;否:1
	是否推车	是:2;否:1
环境因素	是否负重及程度	无件或小件负重:1;中度负重:2;大件负重:3
	标识可视性指数	[1,5]:1;(5,30):2;(30,60):3;(60,∞):4
	无障碍电梯可视性指数	[1,5]:1;(5,30):2;(30,60):3;(60,∞):4
	客流密度	小:1;正常:2;大:3
	客流速度	慢:1;正常:2;快:3
心理潜变量	实际距离	[1,3]:1;(3,6):2;(6,10):3;(10,30):4
	感知距离	[1,3]:1;(3,6):2;(6,10):3;(10,30):4
	乘客对站点熟悉程度	熟悉:1;一般:2;不熟悉:3
	乘客寻路意识	高:1;一般:2;低:3
	乘客的跟随意愿	高:1;一般:2;低:3

2.2 数据分析

2.2.1 信度与效度检验

为了验证本文构建的因子结构的合理性以及问卷测验结果可靠性和有效性,本文应用 SPSS25.0 软件对所有问卷统计结果进行了信度与效度检验。

首先,通过探索性因子分析 KMO 和 Bartlett 的计算结果进行效度检验,具体计算检验结果见表 5,得到 KMO 测度值为 0.518,大于标准值 0.5,Bartlett 球形检验的结果是 0,小于显著性水平 0.05。

表5 Likert 五点量表

Table 5 Likert five-point scale

检验项	检验值
取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin	0.518
Bartlett 的球形度检验	近似卡方 3005.206
	Df. 105
	Sig. 0

本文采用克隆巴赫系数(Cronbach's Alpha)进行信度分析。Cronbach's Alpha 是用于检测内部一致性的系数,是目前社会科学研究最常使用的信度分析方法。问卷各指标的可靠系数见表 6,可验证问卷内部一致性信度较好,整体具有较高可信度。

2.2.2 假设检验分析

验证了问卷的有效度及可信度后,将 112 份有效问卷的统计结果代入结构方程模型中,使用 AMOS 26.0 软件验证各假设路径,结果见表 7。

根据表 7 结果可知,在提出的 13 条假设中,假设 H1~H12 通过了验证(假设成立);H13:客流密

表6 变量可信度与可靠度分析

Table 6 Variable credibility and reliability analysis

潜变量	观测变量	可信度
人因属性	年龄	0.693
	性别	0.610
	出行性质	0.722
	是否残疾	0.866
	是否推车	0.604
环境因素	是否负重及程度	0.885
	标识可视性指数	0.932
	无障碍电梯可视性指数	0.917
	客流密度	0.473
	客流速度	0.543
心理潜变量	实际距离	0.905
	感知距离	0.840
	乘客对站点熟悉程度	0.808
	乘客寻路意识	0.391
	乘客的跟随意愿	0.137

表7 假设检验结果

Table 7 Hypothesis test results

影响因素	Estimate	P	Results
实际距离	-0.164	**	成立
客流速度	0.36	***	成立
客流密度	0.057	0.096	不成立
无障碍电梯可视性指数	1.855	***	成立
标识可视性指数	1		成立
跟随意愿	1		成立
寻路意识	-0.455	***	成立
对车站熟悉程度	2.024	***	成立
年龄	1		成立
性别	0.558	***	成立
出行性质	1.168	***	成立
是否残疾	0.77	***	成立
是否推车	0.856	***	成立
感知距离	-0.366	**	成立
负重程度	2.417	***	成立
心理潜变量	0.043	**	成立

注:***代表 $p < 0.001$ 、**代表 $p < 0.01$ 、*代表 $p < 0.05$

度负向影响出行选择意愿未能通过验证(假设不成立)。进而根据原始模型调整指标及参数,并根据表 6 删除假设不成立的路径后,构建乘客设施选择行为结构方程模型,模型框架如图 2 所示。图中外

源变量之间的数字表示两个外源变量间的协方差,而单箭头符号上的数字表示外源变量对内生变量的回归系数以及外源潜变量与其观察变量之间的回归系数^[11]。

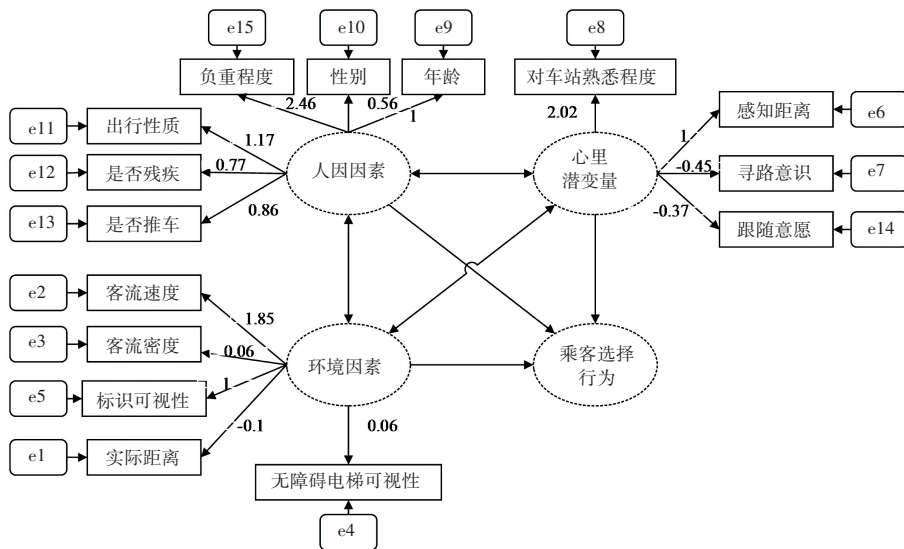


图 2 调整后乘客设施选择行为结构方程模型图

Fig. 2 Structural equation model of passenger facility selection behavior after adjustment

2.2.3 模型拟合优度验证

为了检验结构方程模型的拟合度,采用近似均方根误差(Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA)、拟合优度指数(Goodness of Fit Index, GFI)、调整后的拟合优度指数(Adjusted Goodness of Fit Index, AGFI)、规范拟合指数(Normed Fit Index, NFI)4个指标来检验评价模型与原始数据拟合情况,适配指数结果见表 8。

表 8 结构方程模型拟合度指标与检验

Table 8 Fitting index and testing of structural equation models

指标	结果	判别标准
RMSEA	0.136	<0.08
GFI	0.821	>0.8
AGFI	0.757	>0.9
NFI	0.547	>0.9

适配指数结果显示:拟合优度指数结果理想,近似均方根误差、调整后的拟合优度指数、规范拟合指数接近判别标准。说明模型的拟合优度和适配度较好,能较为真实的反映实际情况。

2.3 结果分析

通过中介效应和结构方程对乘客无障碍电梯选择行为影响因素的作用机制展开研究后发现,心理潜变量、环境因素及人因因素对无障碍电梯选择行为均存在影响,具体如下:

(1)心理潜变量、环境因素均对乘客无障碍电梯的选择行为造成正面影响,人因因素会造成负面影响,其中人因因素的影响最为显著。在人因因素中,乘客负重程度的路径系数最大(2.417),表明乘客负重程度对无障碍电梯选择造成正面影响最大。因此,在火车站、高铁站、机场或医院等场所附近的大件行李乘客较多的地铁站中,应根据相关需求的乘客数量,设置与之匹配的无障碍电梯,并加强无障碍电梯布局的合理化,以此提高乘客进出效率,防止乘客滞留。

(2)心理潜变量对乘客无障碍电梯选择行为起到正面作用,且影响仅次于人因因素。心理潜变量有 4 个影响因素,其中无障碍电梯可视性指数的路径系数最大(1.855),这表明无障碍电梯可视性指数将对无障碍电梯的选择起到较强的正向影响。经调研分析,目前地铁车站无障碍电梯的可视性主要受限于视觉遮挡。因此,地铁车站应采取较为醒目的颜色设计标识,增设地标、墙标,减小电梯与列车车门的视角角度等方案,加强无障碍电梯及相关标识的可视性,从而帮助具有相关需求的乘客快速找准无障碍电梯的方位。

(3)环境因素对乘客无障碍电梯选择行为起到正面作用。在环境因素中,乘客对车站是否熟悉的

(下转第 223 页)