doi：10.3969/j.issn.1002－0268.2021.11.014

综合交通枢纽乘客满意度影响因素分析模型

陈 坚[1]，李 睿[1]，傅志妍[1,2]，郑波涛[3]，马新露[1]
（1. 重庆交通大学 交通运输学院，重庆 400074；2. 重庆第二师范学院 经济与工商管理学院，重庆 400067；
3. 重庆城市综合交通枢纽（集团）有限公司，重庆 400020）

摘要：综合交通枢纽在城市交通发展中扮演着重要角色，开展乘客对其服务质量满意度的影响因素分析有助于明确服务质量的提升方向。为解决综合交通枢纽乘客满意度影响因素分析缺少解释乘客内在心理作用机理的问题，基于改进的中国顾客满意度指数模型，对感知服务质量、期望服务质量、枢纽形象、交通区位等核心影响因素分别设立一级测量指标与二级测量题项进行具体化描述，以探究其对乘客满意度及乘客忠诚度的影响。构建了综合交通枢纽乘客满意度影响因素分析的一阶、二阶结构方程模型。以重庆市主城区的重庆北站、重庆西站、沙坪坝站3个综合交通枢纽为例开展实证分析。结果表明：二阶模型中感知服务质量（0.72***）、交通区位（0.58***）、期望服务质量（－0.40**）对乘客满意度的影响作用最为显著，而枢纽形象（$\beta=0.35$，$P>0.05$）对其未有显著影响；一阶模型、二阶模型均具有良好的内在质量（信度与效度），二阶模型的外在质量（整体适配度）比一阶模型更佳，对变量之间影响作用的评估能力更强；二阶模型对综合交通枢纽乘客满意度的解释能力能够达到62%，较一阶模型提升7%，对综合交通枢纽乘客满意度研究领域具有更好的适用性。

关键词：交通工程；乘客满意度；结构方程模型；综合交通枢纽；影响因素
中图分类号：U115 **文献标识码**：A **文章编号**：1002－0268（2021）11－0117－09

A Model for Analyzing Influencing Factor of Passenger Satisfaction of Integrated Transport Hubs

CHEN Jian[1], LI Rui[1], FU Zhi-yan[1,2], ZHENG Bo-tao[3], MA Xin-lu[1]
(1. School of Traffic and Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;
2. School of Economics & Business Administration, Chongqing University of Education, Chongqing 400067, China;
3. Chongqing Urban Comprehensive Transport Hub (Group) Co., Ltd., Chongqing 400020, China)

Abstract: Integrated transport hubs play an important role in the development of urban transport, the analysis of factors affecting passengers' satisfaction with their service quality helps to clarify the direction of service quality improvement. In order to solve the problem of insufficient explanation of the internal psychological mechanism of passengers in the analysis of influencing factors of their satisfaction in integrated transport hubs, based on the improved China Customer Satisfaction Index model, the core influencing factors such as perceived service quality, expected service quality, hub image, traffic location, etc. are set up with the first-level measurement indicators and the second-level measurement items for concretely description To explore its influence on passenger satisfaction and passenger loyalty. The first-order and second-order structural equation models for analyzing factors affecting passenger satisfaction in comprehensive transport hubs are constructed. Taking the 3 comprehensive transport hubs in the main urban area of Chongqing (Chongqing North Station,

收稿日期：2020－10－09
基金项目：重庆市教委“成渝地区双城经济圈建设”科技创新项目（KJCXZD2020029）；重庆教育委员会科学技术研究计划项目（KJQN202001611）
作者简介：陈坚（1985－），男，江西赣州人，博士，教授.（chenjian525@126.com）

Chongqing West Station and Shapingba Station) for examples, the empirical analysis is carried out. The result shows that (1) the perceived service quality (0.72^{***}), traffic location (0.58^{***}) and expected service quality (-0.40^{**}) in the second-order model have the most significant influence on passenger satisfaction, while the hub image ($\beta=0.35$, $P>0.05$) has no significant influence on it; (2) both the first-order model and the second-order model have good internal quality (reliability and validity), the second-order model has a stronger ability to assess the influences among variables, and its external quality (overall fitness) is better than that of the first-order model; (3) the second-order model's ability to explain passenger satisfaction in integrated transport hubs can reach 62%, which has an increase of 7% compared with the first-order model, and has better applicability to the research field of passenger satisfaction in integrated transport hubs.

Key words: traffic engineering; passenger satisfaction; structural equation model; integrated transport hub; influencing factor

0 引言

综合交通枢纽作为城市对外运输方式与市内轨道交通、常规公交、出租车等方式的物理衔接空间，承担着城市内外的客货运中转功能，在城市交通系统中扮演着重要角色，也是城市形象与治理水平的具体体现。随着生活水平的提高，人们对交通出行的认知已逐渐由“物理上的空间位移需求”向“心理上的综合服务体验”转变，对出行服务的要求更加注重品质化。而现今综合交通枢纽存在着衔接方式不匹配、换乘通道不便捷、组织流线不顺畅等问题，严重影响着居民出行体验。研究综合交通枢纽的乘客满意度可有针对性地提升服务水平，改善枢纽运营品质以及核心竞争力，引导综合交通枢纽向人性化、高效化、一体化健康发展。

随着近年来各城市对综合交通枢纽发展的愈加重视，关于综合交通枢纽的研究逐渐兴起，主要集中于选址布局与客流组织优化方面。Yuan 等[1]基于遗传算法进行了交通枢纽布局选址优化；Kalyuzhnyi 等[2]构建了一种交通枢纽选址规划的数学模型；李婷婷等[3]提出了基于分层布局的城市群综合客运枢纽优化模型；任其亮等[4]构建了组团城市换乘枢纽的双层规划选址模型；余跃武等[5]构建了考虑公交优先与财政投入等多目标的客运枢纽客流标识导向优化模型；吕慎等[6]基于乘客平均候车时间模型进行了交通枢纽的公交换乘优化；鲁晨等[7]构建了综合交通枢纽内客流换乘组织优化模型；寇俊等[8]基于多项 Logit 构建了分时段的客运铁路枢纽客流分配模型[8]。

已有研究侧重于综合交通枢纽本身的规划布局、硬件设施及客流组织优化，以此提升综合交通枢纽的服务质量，但乘客对其服务质量提升效果的感知尚未明确，需从乘客心理感受角度开展综合交通枢纽的满意度研究，形成其满意度影响因素的定量分析方法。本研究基于改进的中国顾客满意度指数模型构建了综合交通枢纽的乘客满意度影响因素分析模型，分别运用一阶、二阶结构方程模型对各因素与乘客满意度之间的影响关系进行定量对比验证，从乘客心理感知角度为政府部门及运营企业改善综合交通枢纽的服务质量提供了理论支撑。

1 基础理论及研究假设

1.1 基础理论适用性分析

中国顾客满意度指数模型（China Customer Satisfaction Index，CCSI）由中国标准化研究所与清华大学于 2002 年共同提出，描述了顾客对产品或服务的消费认知过程。CCSI 认为顾客满意度及忠诚度取决于顾客对产品或服务的期望质量与感知质量的价值衡量以及企业品牌形象的复合作用，目前已被广泛应用于社会学、管理学等各个研究领域，但其解释能力有限，各研究仍会对 CCSI 模型进行适应性的改进（包括融入新变量与调整路径关系等）[9-11]，以期探索出更具有行业针对性、更高解释能力的满意度影响因素分析模型，CCSI 模型框架见图 1。乘客作为综合交通枢纽的服务对象，其对综合交通枢纽的满意度也是一种顾客满意度，因此 CCSI 模型可作为乘客满意度影响因素分析的基础理论框架。

1.2 研究假设

结合综合交通枢纽的服务特性，将 CCSI 模型中的感知质量、期望质量、品牌形象具体化为感知服务质量、期望服务质量、枢纽形象，基于 CCSI 模型既有路径关系，提出研究假设：感知服务质量正向

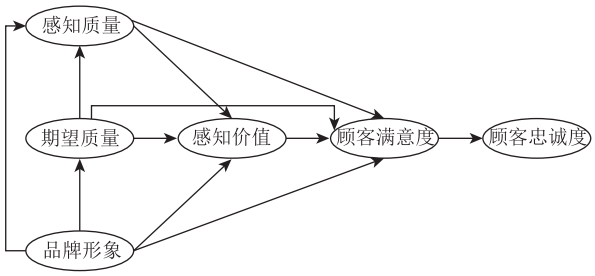

图 1　CCSI 模型框架

Fig. 1　CCSI model framework

影响乘客满意度（H_1）；期望服务质量负向影响乘客满意度（H_2）；枢纽形象正向影响乘客满意度（H_3）；期望服务质量负向影响感知服务质量（H_5）；枢纽形象正向影响期望服务质量（H_6）；乘客满意度正向影响顾客忠诚度（H_7）。考虑到 CCSI 模型中的感知价值旨在探究价格因素对满意度的影响，而综合交通枢纽中的价格因素主要体现在交通方式的出行费用，而不在枢纽本身，故剔除感知价值变量。此外，综合交通枢纽的交通区位条件在一定程度上决定着其换乘接驳功能及可达性[12]，由交通区位条件不同所产生的出行时间成本、费用成本差异会直接影响出行者的出行体验，进而影响其满意度，故新增变量交通区位，并假设交通区位正向影响乘客满意度（H_4）。研究假设路径关系见图 2。

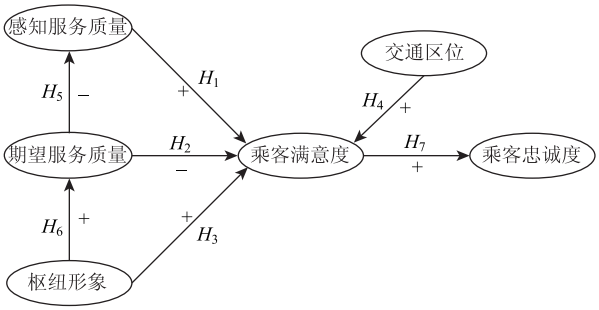

图 2　研究假设

Fig. 2　Research hypothesis

2　模型构建

2.1　变量测度

结合李克特五点评分量表以观察变量（测量题项）对不可直接观测的潜变量进行定量测度，从“非常不同意（=1）”到“非常同意（=5）”的五点评分表达受访者对调查问卷测量题项中相关描述内容的心理认可程度。期望服务质量、感知服务质量、枢纽形象的构念涵盖多方面的复杂内容，若仅以一阶测量模型测度会造成题项冗杂且题项间相关性太高，模型拟合结果不可信，故采用二阶测量模型对此 3 个潜变量分别设立一级测量指标与二级测量题项以进行构念简化，进而减少模型测量误差。而交通区位、乘客满意度、乘客忠诚度 3 个潜变量构念清晰，可直接以二级测量题项予以测度。为对比分析一阶模型与二阶模型的估计效果，一阶模型中所有潜变量直接以二级测量题项予以测度，具体测量指标及题项见表 1。

表 1　变量测量指标及题项

Tab. 1　Measurement indicators and items of variables

潜变量	一级测量指标	编号	二级测量题项
期望服务质量（EQ）	大众口碑（EQ_1）	E_1	我周边人群对该枢纽的评价较高
		E_2	微博、微信等社交网络平台对该枢纽的评价较高
		E_3	电视、广播等传统媒体对该枢纽的评价较高
	个人需求（EQ_2）	E_4	我对该枢纽餐饮、候车环境的需求较高
		E_5	我对该枢纽换乘设施的需求较高
		E_6	我对该枢纽人性化设施布设的需求较高
	过去经验（EQ_3）	E_7	我对该枢纽旅客进站服务的经验认知较好
		E_8	我对该枢纽旅客出站服务的经验认知较好
		E_9	我对该枢纽换乘服务的经验认知较好
感知服务质量（PQ）	舒适性（PQ_1）	P_1	该枢纽内部较为干净、整洁
		P_2	该枢纽的空气质量较好
		P_3	该枢纽的候车座椅较为舒适
	安全性（PQ_2）	P_4	该枢纽的安保人员配备合理
		P_5	该枢纽的安保设施布置充足
		P_6	该枢纽的安检流程行之有效
	便捷性（PQ_3）	P_7	该枢纽的购票、检票流程较为方便
		P_8	该枢纽的各交通方式之间的换乘距离合理
		P_9	该枢纽各交通方式之间的换乘通道畅通、坡度适宜
	移情性（PQ_4）	P_{10}	该枢纽的电梯、盲道等无障碍设施设置合理
		P_{11}	该枢纽的母婴室、盥洗池等人性化设施设置合理
		P_{12}	该枢纽的工作人员服务态度与能力较好
枢纽形象（TI）	认知形象（TI_1）	T_1	该枢纽的公众知名度较高
		T_2	该枢纽的乘客信任度较高
		T_3	该枢纽的乘客口碑较好

续表1

潜变量	一级测量指标	编号	二级测量题项
	服务形象（TI_2）	T_4	该枢纽外部整体形象美观大气
		T_5	该枢纽内部采光充足、装饰清爽
		T_6	该枢纽的工作人员着装得体、精神面貌较好
	社会形象（TI_3）	T_7	该枢纽为城市旅客到达、发送方面做出贡献较大
		T_8	该枢纽在对提升居民出行便利性方面做出贡献较大
		T_9	该枢纽为城市形象的提升做出贡献较大
交通区位（TL）		TL_1	该枢纽的公交、轨道、出租车等交通方式的可达性较好
		TL_2	该枢纽的周边路网条件较好（道路等级、路网密度等方面）
		TL_3	该枢纽的周边道路交通状况较为畅通
乘客满意度（PS）		PS_1	我对该枢纽到达、发送旅客的基本功能满意度较高
		PS_2	我对该枢纽信息服务功能的满意度较高
		PS_3	我对该枢纽换乘功能的满意度较高
		PS_4	我对该枢纽的整体服务水平的满意度较高
乘客忠诚度（PL）		PL_1	我下次继续到该枢纽出行的意愿较高
		PL_2	我以后经常到该枢纽出行的意愿较高
		PL_3	我推荐他人到该枢纽出行的意愿较高

2.2 结构方程模型构建

为同时探究本研究模型中多个概念较为抽象、不可直接测量的潜变量之间的影响关系，通过多元统计分析方法结构方程模型进行数据分析。结构方程模型是基于变量的协方差矩阵来分析变量之间关系的一种统计方法，可同时处理多个因变量之间的作用关系，并可利用观察变量（测量题项）有效测量概念较为抽象、不可直接测量的潜变量，在心理学、教育学、社会学等研究领域已有广泛应用[13-15]，但在交通研究领域的应用仍处于起步阶段。

结构方程模型基本原理是通过因子分析计算潜变量与观察变量间的关系（因子载荷系数）以得到潜变量的观测值，并以此观测值计算多个潜变量之间的相关系数，二者分析在结构方程模型中同步进行，故能够在分析自变量对某一因变量的作用关系时，避免忽略其他因变量的客观存在及其影响。其包括测量模型与结构模型两部分，测量模型用于描述观察变量与潜变量之间的关系，结构模型用于描述各潜变量之间的关系。

2.2.1 测量模型

一阶模型：

$$\underset{(12\times1)}{\boldsymbol{X}} = \underset{(12\times2)}{\boldsymbol{\Lambda}_X}\underset{(2\times1)}{\boldsymbol{\xi}} + \underset{(12\times1)}{\boldsymbol{\delta}}, \tag{1}$$

$$\underset{(28\times1)}{\boldsymbol{Y}} = \underset{(28\times4)}{\boldsymbol{\Lambda}_Y}\underset{(4\times1)}{\boldsymbol{\eta}} + \underset{(28\times1)}{\boldsymbol{\varepsilon}}, \tag{2}$$

二阶模型：

$$\underset{(12\times1)}{\boldsymbol{X}} = \underset{(12\times2)}{\boldsymbol{\Lambda}_X}\underset{(2\times1)}{\boldsymbol{\xi}} + \underset{(12\times1)}{\boldsymbol{\delta}}, \tag{3}$$

$$\underset{(28\times1)}{\boldsymbol{Y}} = \underset{(28\times14)}{\boldsymbol{\Lambda}_Y}\underset{(14\times1)}{\boldsymbol{\eta}} + \underset{(28\times1)}{\boldsymbol{\varepsilon}}, \tag{4}$$

式中，$\boldsymbol{X}$ 为外生显变量（$T_1 \sim T_9$、$TL_1 \sim TL_3$）构成的向量；$\boldsymbol{\xi}$ 为外生潜变量（枢纽形象 TI、交通区位 TL）构成的向量；$\boldsymbol{\Lambda}_X$ 为 $\boldsymbol{X}$ 对 $\boldsymbol{\xi}$ 的因子载荷矩阵；$\boldsymbol{\delta}$ 为由 $\boldsymbol{X}$ 的观测误差构成的向量；$\boldsymbol{Y}$ 为内生显变量（$E_1 \sim E_9$、$P_1 \sim P_{12}$、$PS_1 \sim PS_4$、$PL_1 \sim PL_3$）构成的向量；$\boldsymbol{\eta}$ 为内生潜变量（一阶模型中包含期望服务质量 EQ、感知服务质量 PQ、乘客满意度 PS、乘客忠诚度 PL，二阶模型中另包含 $EQ_1 \sim EQ_3$、$PQ_1 \sim PQ_4$、$TI_1 \sim TI_3$）构成的向量；$\boldsymbol{\Lambda}_Y$ 为 $\boldsymbol{Y}$ 对 $\boldsymbol{\eta}$ 的因子载荷矩阵；$\boldsymbol{\varepsilon}$ 为由 $\boldsymbol{Y}$ 的观测误差构成的向量。

2.2.2 结构模型

一阶模型：

$$\underset{(4\times1)}{\boldsymbol{\eta}} = \underset{(4\times4)}{\boldsymbol{B}}\underset{(4\times1)}{\eta} + \underset{(4\times2)}{\boldsymbol{\Gamma}}\underset{(2\times1)}{\boldsymbol{\xi}} + \underset{(4\times1)}{\boldsymbol{\zeta}}, \tag{5}$$

二阶模型：

$$\underset{(14\times1)}{\boldsymbol{\eta}} = \underset{(14\times14)}{\boldsymbol{B}}\underset{(14\times1)}{\eta} + \underset{(14\times2)}{\boldsymbol{\Gamma}}\underset{(2\times1)}{\boldsymbol{\xi}} + \underset{(14\times1)}{\boldsymbol{\zeta}}, \tag{6}$$

式中，$\boldsymbol{B}$ 为内生潜变量 $\boldsymbol{\eta}$（一阶模型中包含期望服务质量 EQ、感知服务质量 PQ、乘客满意度 PS、乘客忠诚度 PL，二阶模型中另包含 $EQ_1 \sim EQ_3$、$PQ_1 \sim PQ_4$、$TI_1 \sim TI_3$）的结构系数矩阵，反映模型中内生潜变量间的作用大小；$\boldsymbol{\Gamma}$ 为外生潜变量 $\boldsymbol{\xi}$（枢纽形象 TI、交通区位 TL）的结构系数矩阵，反映外生潜变量 $\boldsymbol{\xi}$ 对内生潜变量 $\boldsymbol{\eta}$ 的作用大小；$\boldsymbol{\zeta}$ 为内生潜变量的误差向量。

2.3 模型求解及检验

2.3.1 求解方法

采用最大似然法对模型进行参数估计，检验模型所生成的测量变量协方差矩阵与样本协方差矩阵的接近程度（拟合度），模型拟合度越好，参数估计结果越准确，相关运算通过 Mplus 软件完成。

2.3.2 质量检验

结合问卷调查所得数据对模型的内在质量（信度、效度）以及外在质量（模型整体的拟合优度）进行检验。信效度检验通过验证性因子分析方法对检验组合信度值（Composite Reliability，CR）、平均方差抽取变异量（Average Variance Extracted，AVE），良好的信效度

要求因子载荷与 *CR* 大于 0.7，*AVE* 大于 0.5[16]。

模型整体拟合优度检验指标包括：卡方自由度比（χ^2/df，也称规范卡方）、近似误差均方根（Root Mean Square Error of Approximation，RMSEA）、比较拟合指数（Comparative Fit Index，CFI）、非规范适配指数（Tacker-Lewis Index，TLI）、标准化残差均方根（Standardized Root Mean Square Residual，SRMR）。良好的模型适配度要求拟合优度指标 χ^2/df 属于 1 ~ 3 范围内，CFI 与 TLI 均大于 0.90，*RMSEA* 与 *SRMR* 均小于 0.08[17]。

3　实证分析

3.1　描述性统计分析

以重庆市典型综合交通枢纽的乘客为调查对象，在设计初始问卷基础上，通过预测试收集的数据检验问卷的信度与效度，根据测试结果适当调整问卷测量题项以得到最终正式问卷。调查于 2019 年 12 月在主城区重庆北站、重庆西站、沙坪坝站 3 个综合交通枢纽采用分层随机抽样方式发放正式问卷 1 000 份，剔除不认真填答、缺失值个数大于 3，连续选择极端值超过 5 个的样本，最终共回收有效问卷 857 份，有效回收率 85.70%。有效问卷中，受访者男女比例约各占 50%，年龄主要集中在 18 ~ 40 岁之间（59.01%），受教育程度多为本科层次（35.10%），平均每月到调查所在枢纽站场出行次数最多为 3 ~ 4 次（35.29%），样本数据结构受调查抽样方式、调查时间、调查地点的影响而具有一定的随机性，具体统计信息见表 2。

表 2　问卷描述性统计信息

Tab. 2　Descriptive statistics of questionnaire

描述特征	选项	人数	百分比/%
性别	男	441	51.42
	女	416	48.58
年龄	18 岁以下	60	7.02
	18 ~ 25 岁	231	26.94
	26 ~ 40 岁	275	32.07
	41 ~ 60 岁	155	18.03
	60 岁以上	137	15.94
受教育程度	高中及以下	197	22.96
	专科	223	26.00
	本科	301	35.10
	硕士及以上	137	15.94
平均每月到此枢纽出行次数	0 次	96	11.20
	1 ~ 2 次	267	31.12
	3 ~ 4 次	302	35.29
	5 次及以上	192	22.39

3.2　信度与效度分析

利用 Mplus 软件对一阶模型与二阶模型分别进行验证性因子分析得出卡方值 χ_1^2 和 χ_2^2，然后计算目标系数 $T=\chi_1^2/\chi_2^2=0.96$（接近 1.0），表示适合采用二阶测量模型对潜变量进行构念简化[18]，以增强模型的解释能力。

一阶、二阶模型的因子载荷系数计算结果见表 3，一阶模型 *CR* 值较二阶模型略高，二阶模型 *AVE* 值较一阶模型有显著提升。两个模型各潜变量的 *CR* 值均大于 0.8，表明模型同一潜变量的测量指标之间的内部一致性较好，满足信度要求；测量指标、测量题项的因子载荷均大于 0.7，各潜变量的 *AVE* 均大于 0.5，模型聚合效度良好。综上所述，模型具有良好的内在质量。

表 3　因子载荷系数

Tab. 3　Factor loading factors

潜变量	因子载荷					*CR*		*AVE*	
	二阶模型				一阶模型	二阶模型	一阶模型	二阶模型	一阶模型
	一级测量指标		二级测量题项		测量题项				
期望服务质量（*EQ*）	大众口碑（EQ_1）	0.720	E_1	0.817	0.785	0.812	0.933	0.591	0.609
			E_2	0.793	0.790				
			E_3	0.802	0.793				
	个人需求（EQ_2）	0.815	E_4	0.766	0.766				
			E_5	0.809	0.750				
			E_6	0.784	0.785				
	过去经验（EQ_3）	0.769	E_7	0.813	0.811				
			E_8	0.735	0.729				
			E_9	0.840	0.809				
感知服务质量（*PQ*）	舒适性（PQ_1）	0.827	P_1	0.883	0.830	0.898	0.951	0.688	0.616
			P_2	0.825	0.764				
			P_3	0.821	0.801				
	安全性（$PQ2$）	0.855	P_4	0.793	0.763				
			P_5	0.806	0.806				
			P_6	0.856	0.815				
	便捷性（PQ_3）	0.870	P_7	0.843	0.804				
			P_8	0.799	0.768				
			P_9	0.874	0.799				
	移情性（PQ_4）	0.762	P_{10}	0.809	0.801				
			P_{11}	0.785	0.724				
			P_{12}	0.769	0.738				

续表 3

潜变量	因子载荷				CR		AVE	
	二阶模型			一阶模型	二阶模型	一阶模型	二阶模型	一阶模型
	一级测量指标		二级测量题项	测量题项				
枢纽形象（TI）	认知形象（TI_1）	0.711	T_1	0.746	0.709	0.803	0.922	0.577	0.569
			T_2	0.812	0.781				
			T_3	0.767	0.736				
	服务形象（TI_2）	0.817	T_4	0.803	0.755				
			T_5	0.816	0.746				
			T_6	0.870	0.820				
	社会形象（TI_3）	0.746	T_7	0.812	0.748				
			T_8	0.808	0.763				
			T_9	0.751	0.727				
交通区位（TL）			TL_1	0.829	0.792	0.837	0.816	0.634	0.597
			TL_2	0.703	0.701				
			TL_3	0.848	0.820				
乘客满意度（PS）			PS_1	0.785	0.784	0.896	0.889	0.683	0.667
			PS_2	0.803	0.799				
			PS_3	0.855	0.843				
			PS_4	0.861	0.839				
乘客忠诚度（PL）			PL_1	0.859	0.844	0.859	0.847	0.669	0.649
			PL_2	0.804	0.798				
			PL_3	0.790	0.773				

3.3 模型拟合优度检验

模型拟合优度相关检验指标计算结果见表 4，χ^2/df，$RMSEA$，CFI 等全部检验指标均在可接受的范围内，模型拟合优度符合检验标准，模型具有良好的外在质量。且二阶模型的各检验指标优于一阶模型，表明二阶模型适配性更好。

表 4 模型拟合优度检验结果

Tab. 4 Test result of model goodness of fit

评价指标		χ^2/df	$RMSEA$	CFI	TLI	$SRMR$
标准值		(1, 3)	<0.08	>0.90	>0.90	<0.08
实际值	一阶模型	1.08	0.07	0.90	0.91	0.07
	二阶模型	1.53	0.05	0.93	0.95	0.06

3.4 路径分析及假设检验

标准化路径系数 β 可反映各变量间的影响作用大小（负号表示负向影响作用），内生潜变量的多元相关平方（Square Multiple Correlation，SMC）即 R^2 可反映相应变量及整体模型的解释能力。结构方程模型标准化路径分析结果见表 5，图 3，图 4（为简明起见，图 4 中未标注一级测量指标的 R^2）。

二阶模型各潜变量对乘客满意度的影响作用按大小排序依次为感知服务质量（0.72^{***}）、交通区位（0.58^{***}）、期望服务质量（-0.40^{**}），枢纽形象对乘客满意度的影响作用不显著（$\beta=0.35$，$P>0.05$）；期望服务质量对感知服务质量的负向影响作用较低（-0.33^{**}），其受枢纽形象的影响作用也较低（0.31^{**}）；乘客满意度对乘客忠诚度的影响作用最为显著（0.75^{***}）。两个模型中除枢纽形象对乘客满意度的影响作用不显著外，其余变量间的影响关系均达到 95% 置信度的显著性（$P<0.05$），故 H_3 不成立，其余关于潜变量的假设均成立。二阶模型路径系数较一阶模型略高，表明一阶模型中的影响作用会被低估。二阶模型期望服务质量、感知服务质量能够解释乘客满意度变异量的 62%（$R^2=0.62$），乘客满意度能够解释乘客忠诚度变异量的 59%（$R^2=0.59$），均达到中等偏上水平且比一阶模型提升 7%，模型整体解释能力良好。

表 5 标准化路径系数及假设检验结果

Tab. 5 Standardized path coefficients and hypothesis test result

影响路径	标准化路径系数 β		假设检验结果		多元相关平方 R^2	
	一阶模型	二阶模型	一阶模型	二阶模型	一阶模型	二阶模型
$PQ\rightarrow PS$	0.68^{***}	0.72^{***}	H_1 成立	H_1 成立	PS：0.55	PS：0.62
$EQ\rightarrow PS$	-0.36^{**}	-0.40^{**}	H_2 成立	H_2 成立		
$TI\rightarrow PS$	0.32(0.077)	0.35(0.064)	H_3 不成立	H_3 不成立		
$TL\rightarrow PS$	0.52^{***}	0.58^{***}	H_4 成立	H_4 成立		
$EQ\rightarrow PQ$	-0.29^{**}	-0.33^{**}	H_5 成立	H_5 成立	PL：0.52	PL：0.59
$TI\rightarrow EQ$	0.28^{**}	0.31^{**}	H_6 成立	H_6 成立		
$PS\rightarrow PL$	0.71^{***}	0.75^{***}	H_7 成立	H_7 成立		

注：*** 表示 $P<0.001$，** 表示 $P<0.01$，* 表示 $P<0.05$。

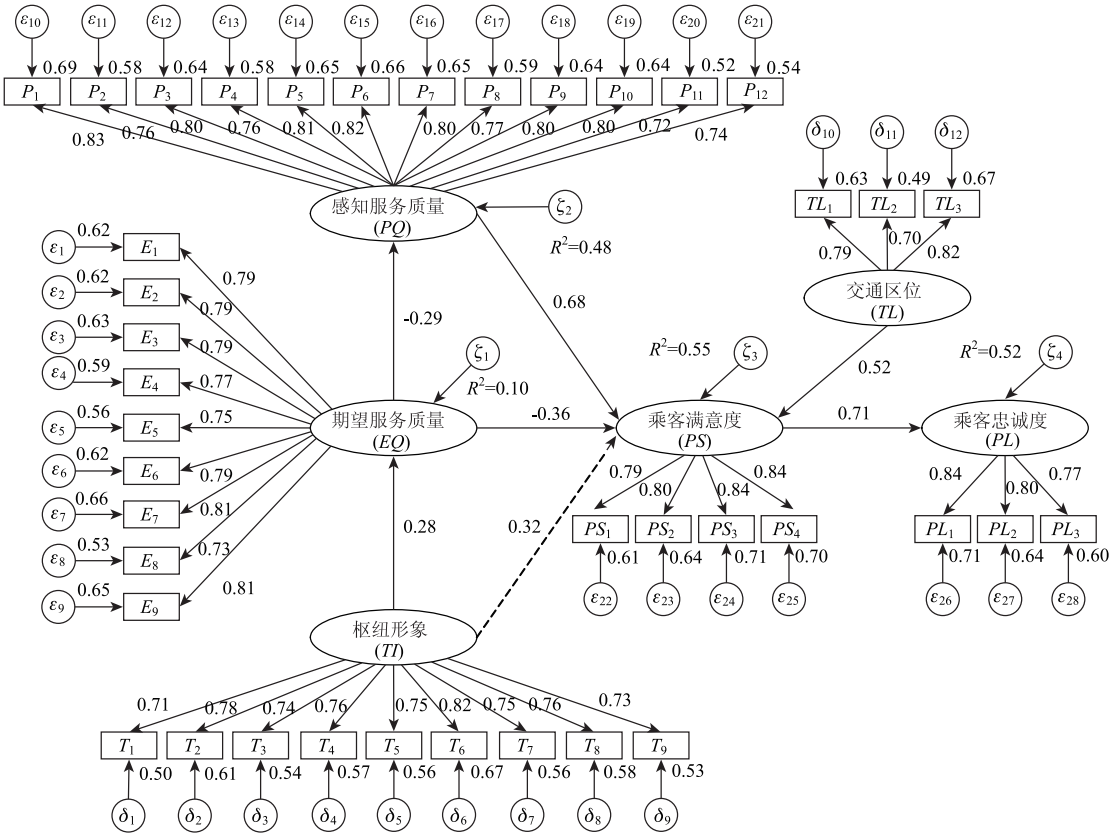

图 3　一阶结构方程模型标准化路径分析结果

Fig. 3　Standardized path analysis result using first-order structural equation model

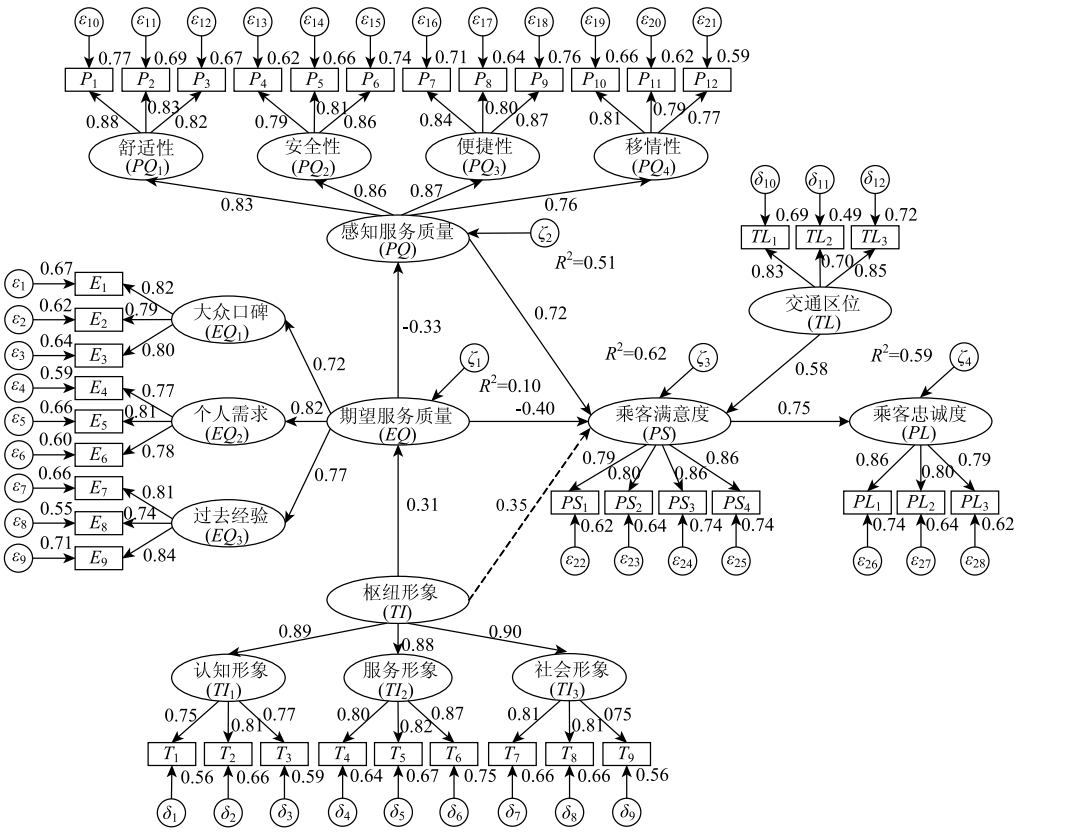

图 4　二阶结构方程模型标准化路径分析结果

Fig. 4　Standardized path analysis result using second-order structural equation model

由标准化路径分析结果可知，影响被访乘客对综合交通枢纽满意度的最为关键因素是其服务质量，乘客感知到的服务质量越高，其满意度就越高，服务质量主要体现在枢纽的舒适性、安全性、便捷性、移情性等方面，其中便捷性（购票、检票、换乘等方面的便捷性）是服务质量的最重要因素，其因子载荷系数最大（0.87）；新增变量交通区位对满意度的影响作用（正向影响）仅次于感知服务质量，表明综合交通枢纽的交通区位条件越好，被访乘客的满意度就越高；枢纽形象对满意度的影响不显著，表明被访乘客现暂未十分关心枢纽的形象品质；乘客满意度是其忠诚度的决定性因素，二者之间的影响作用在模型中最为显著，表明乘客对某一综合交通枢纽的满意度越高，未来继续到该枢纽出行或推荐他人到该枢纽出行的意愿就越高。

4 结论

本研究基于改进CCSI模型，构建了综合交通枢纽的满意度影响因素分析模型，通过实证分析，利用结构方程模型定量，验证了潜变量与测量变量以及各潜变量之间的相互影响关系，拓展了综合交通枢纽满意度的影响因素，为提升综合交通枢纽的服务水平提供了决策依据。研究发现感知服务质量对综合交通枢纽的乘客满意度具有最显著的影响作用，故政府部门在把控综合交通枢纽的建设方向以及制订相关管理政策时，应重点关注提升乘客对综合交通枢纽的舒适性、安全性、便捷性、移情性等方面的出行体验。研究通过对比分析得知二阶模型较一阶模型在整体适配度、影响作用评估能力（标准化路径系数）与变量解释能力方面得到了显著提升，表明二阶模型对综合交通枢纽满意度研究领域具有更好的适用性。但研究尚未考虑不同社会群体的属性特征对模型变量的调节效应，模型针对不同社会群体的适用性有待进一步验证。

参考文献：

References：

[1] YUAN Y, YU J. Locating Transit Hubs in A Multi-modal Transportation Network: A Cluster-Based Optimization Approach [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2018, 114: 85 – 103.

[2] KALYUZHNYI N, LOSIN L. A Method of Mathematical Modeling for Transfer Hub Establishment in Saint Petersburg [J]. Transportation Research Procedia, 2018, 36: 245 – 251.

[3] 李婷婷，宋瑞，何世伟，等. 基于分层布局的城市群综合客运枢纽优化模型 [J]. 中国公路学报，2016，29 (2)：116 – 122.
LI Ting-ting, SONG Rui, HE Shi-wei, et al. Optimization Model of Comprehensive Passenger Hub in Urban Agglomeration Based on Hierarchical Layout [J]. China Journal of Highway and Transport, 2016, 29 (2): 116 – 122.

[4] 任其亮，王坤，孙丰瑞. 组团城市换乘枢纽选址模型 [J]. 交通运输系统工程与信息，2015，15 (3)：25 – 30，43.
REN Qi-liang, WANG Kun, SUN Feng-rui. Location Model of Transfer Hub in Clustered Cities [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2015, 15 (3): 25 – 30, 43.

[5] 余跃武，李晔，包磊，等. 大型客运枢纽行人标识导向系统设计优化模型及其解法 [J]. 系统工程理论与实践，2016，36 (5)：1205 – 1212.
YU Yue-wu, LI Ye, BAO Lei, et al. Optimization Model for Pedestrian-oriented Signage System in Large Passenger Hub and the DISMOPSO Algorithm [J]. Systems Engineering-Theory and Practice, 2016, 36 (5): 1205 – 1212.

[6] 吕慎，田锋，莫一魁. 轨道交通枢纽地铁换乘接运公交乘客平均候车时间研究 [J]. 公路交通科技，2014，31 (12)：92 – 97.
LÜ Shen, TIAN Feng, MO Yi-kui. Average Waiting Time of Passengers Transferring from Subway to Feeder Bus at Rail Transit Hub [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2014, 31 (12): 92 – 97.

[7] 鲁晨，孙健，杨涛. 综合交通枢纽客流行人换乘组织优化及仿真 [J]. 系统工程，2020，38 (3)：84 – 91.
LU Chen, SUN Jian, YANG Tao. Optimum Design and Simulation of Pedestrian Passenger Transfer Operation in Integrated Transportation Hub [J]. System Engineering, 2020, 38 (3): 84 – 91.

[8] 寇俊，顾保南. 大城市客运铁路枢纽客流分配模型 [J]. 交通运输系统工程与信息，2018，18 (1)：44 – 49.
KOU Jun, GU Bao-nan. Modeling the Passenger Flow Assignment of Railway Hub Stations in Metropolis [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2018, 18 (1): 44 – 49.

[9] 蒋伟伟. 基于CCSI模型的搜索引擎评价研究 [J]. 情报科学，2007 (11)：1659 – 1663.
JIANG Wei-wei. Research on the Evaluation of Searching Engine Based on the CCSI Model [J]. Information

Science, 2007 (11): 1659 – 1663.

[10] 佟欢, 蒋虹丽, 汪澜, 等. 基于 CCSI 模型的公共卫生服务居民满意度分析 [J]. 中国卫生资源, 2013, 16 (3): 212 – 214.
TONG Huan, JIANG Hong-li, WANG Lan, et al. Residents' Satisfaction Analysis Based on CCSI Model in Public Health Service [J]. Chinese Health Resources, 2013, 16 (3): 212 – 214.

[11] ZHANG C Q, LIU Y, LU W T, et al. Evaluating Passenger Satisfaction Index Based on PLS-SEM Model: Evidence from Chinese Public Transport Service [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2019, 120: 149 – 164.

[12] 宗刚, 吴彤. 公共交通枢纽可达性测度及应用 [J]. 深圳大学学报: 理工版, 2016, 33 (5): 544 – 550.
ZONG Gang, WU Tong. Measurement of Accessibility of Public Transportation Hub and Its Application [J]. Journal of Shenzhen University: Science and Engineering Edition, 2016, 33 (5): 544 – 550.

[13] PRIESTER J R. The Use of Structural Equation Models in Consumer Psychology: A Methodological Dialogue on Its Contributions, Cautions, and Concerns [J]. Journal of Consumer Psychology, 2010, 20 (2): 205 – 207.

[14] CAMGOZ-AKDAG H, ZAIM S. Education: A Comparative Structural Equation Modeling Study [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012, 47: 874 – 880.

[15] BOCCIA F, SARNACCHIARO P. Structural Equation Model for the Evaluation of Social Initiatives on Customer Behaviour [J]. Procedia Economics and Finance, 2014, 17: 211 – 220.

[16] 张涛, 张燕, 张文坤. 基于科技接受模型的 ETC 用户使用行为研究 [J]. 公路交通科技, 2020, 37 (7): 122 – 128.
ZHANG Tao, ZHANG Yan, ZHANG Wen-kun. Study on Usage Behaviors of ETC Users Based on TAM [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2020, 37 (7): 122 – 128.

[17] KLINE R B, LITTLE T D. Principles and Practice of Structural Equation Modeling [M]. New York: Guilford Press, 2015.

[18] MARSH H W, HOCEVAR D. Application of Confirmatory Factor Analysis to the Study of Self-concept: First and Higher-order Factor Models and Their Invariance Across Groups [J]. Psychological Bulletin, 1985, 97 (3): 562 – 582.

(上接第 116 页)

LUO Zi-ming. Study on Capacity and ETC Lane Configuration of Expressway Toll Station [D]. Nanchang: East China Jiaotong University, 2016.

[18] 周刚, 常成利. 高速公路收费站通行能力研究 [J]. 公路交通科技, 2001, 18 (3): 56 – 59.
ZHOU Gang, CHANG Cheng-li. Expressway Tollgate Capacity Study [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2001, 18 (3): 56 – 59.

[19] BORONICO J, SIEGEL P. Capacity Planning for Toll Roadways Incorporating Consumer Wait Time Costs [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 1998, 32 (4): 297 – 310.

[20] MURAT A, KETITH K, Papayannoulis V, et al. Development of Methodology for 593 Toll Plaza Delay Estimation for Use in Travel Demand Model Postprocessor [J]. Transportation Research Record, 2009, 2133: 1 – 10.

[21] NAVANDAR Y, DHAMANIYA A, PATEL D A, et al. Traffic Flow Analysis at Manual Tollbooth Operation under Mixed Traffic Conditions [J]. Transportation Engineering, Part A: Systems, 2019, 145 (6): 04019023.

[22] 曲明革. 高速公路出入口收费车道数研究 [J]. 公路, 2012, 57 (5): 262 – 267.
QU Ming-ge. Research on Toll Lane Count of Entrances and Exits of Expressway [J]. Highway, 2012, 57 (5): 262 – 267.

[23] 孙德强, 刘伟铭. 自动发卡条件下公路收费车道的通行能力 [J]. 公路交通科技, 2013, 30 (8): 129 – 133.
SUN De-qiang, LIU Wei-ming. Capacity of Highway Tollgates under Automatic Card Sender Condition [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2013, 30 (8): 129 – 133.