

网络技术赋能下空铁联运旅客出行选择研究

王岩宁, 高金敏*

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2025年4月9日; 录用日期: 2025年4月23日; 发布日期: 2025年5月23日

摘要

发展空铁联运是提升综合交通效率的关键, 而旅客选择行为受网络技术深度影响。本文结合在线票务系统、电子支付等数字化服务特征, 构建包含安全性、舒适性、便捷性、灵活性和经济性的旅客满意度指标体系, 通过SEM-Logit模型分析航空、高铁及空铁联运的选择偏好。研究发现: 便捷性(如智能购票、换乘导航)是影响旅客选择交通方式的核心因素, 当便捷性上升一个统计水平, 旅客选择高铁与航空的概率分别为空铁联运的4.38倍和2.25倍; 经济性(如动态票价策略)是空铁联运的突出优势。基于电子商务视角, 提出优化在线支付流程、整合客户数据提升个性化推荐、利用社交媒体精准营销等策略, 为空铁运营商提供数字化升级路径。

关键词

空铁联运, 网络技术, 出行方式选择, SEM-Logit模型

A Study of Air-Rail Passenger Travel Choices Empowered by Network Technology

Yanning Wang, Jinmin Gao*

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Apr. 9th, 2025; accepted: Apr. 23rd, 2025; published: May 23rd, 2025

Abstract

The development of air-rail is the key to improve the efficiency of comprehensive transportation, while passenger choice behaviour is deeply influenced by network technology. This paper combines the features of digital services such as online ticketing system and e-payment, constructs a passenger satisfaction index system that includes safety, comfort, convenience, flexibility and economy, and analyses the choice preferences of air, high-speed rail and air-rail through SEM-Logit model. It is

*通讯作者。

found that: convenience (e.g. intelligent ticketing, transfer navigation) is the core factor affecting passengers' choice of transport mode, when convenience rises by one statistical level, the probability of passengers choosing high-speed rail and aviation is 4.38 times and 2.25 times higher than that of air-rail, respectively; and economy (e.g. dynamic fare strategy) is the outstanding advantage of air-rail. Based on the e-commerce perspective, strategies such as optimising the online payment process, integrating customer data to enhance personalised recommendations, and using social media for precision marketing are proposed to provide a digital upgrade path for air-rail operators.

Keywords

Air-Rail, Network Technology, Travel Mode Choice, SEM-Logit Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

旅客出行方式选择是制定交通规划的先决条件和基础, 准确把握出行方式选择行为有利于政府制定更合理的交通政策, 有效配置交通资源, 提升城市的整体竞争力和吸引力[1]。在空铁一体化服务的研究中, 感知质量、感知价值和乘客期望对乘客满意度有积极影响[2]。Yalong [3]发现客运群体对票务服务、可靠性、可达性和舒适性的重视程度相似, 而在个性化服务、信息服务、连通性等方面存在明显的感知差异[3]。换乘是空铁综合服务中最薄弱的环节, 空铁旅客面临换乘时间长、换乘流程复杂、换乘体验差的问题, 严重降低了空铁一体化服务的竞争力。票价、旅行距离和旅行时间对不同群体换乘行为具有明显影响[4]。出行中的环境、出行相关态度和出行选择行为本身都会影响出行满意度[5]。

在有关旅客出行方式选择研究中, 现有相关文献大多考虑了只存在航空和高铁两种运输模式的出行选择行为, 而空铁联运模式的快速发展必然会造成旅客出行选择发生改变。因此, 本文在 500 KM~1500 KM 同时存在航空、高铁和空铁联运的中长运距情景中, 选取社会经济特征、出行属性特征和交通方式服务特征三方面影响因素对旅客出行选择行为进行研究。本文在之前通常只考虑航空和高铁两种出行方式的研究基础上增加对空铁联运的研究, 以航空和高铁竞争激烈的中长运距为出行情景, 考虑出行者异质性的影响构建模型, 采用 SEM 相结合的方法, 建立中长运距旅客出行方式选择模型, 进一步解释旅客出行选择行为, 为空铁联运的发展提供政策建议。

2. 问卷设计和数据收集

2.1. 问卷设计

为了解中长运距旅客出行方式选择行为的基本信息, 本节通过设计问卷对旅客进行调查。在前人研究的基础上[6], 本文扩展了交通服务水平满意度作为控制的观察变量, 增加对安全性和经济性的量化, 采用 5 个潜变量来衡量旅客出行选择行为, 分别是安全性、舒适性、便捷性、灵活性和经济性。同时, 对三种交通方式相同潜变量的小项描述进行了差异化设置。问卷采用 Likert7 级量表, 共计 26 个小项。在正式发放问卷之前, 先收集 58 份试测数据, 根据分析结果删去了信效度不达标和因子负荷量较低的小项 9 个, 最终由 17 个小项组成正式问卷, 问卷内容如图 1 所示, 共采集有效样本 590 份, 保留率为 87.9%。SEM 所需的最小样本量为 100 [7], 本文使用 SEM 分析变量之间的关系是合理的。问卷共包含

三部分，如图 1 所示。

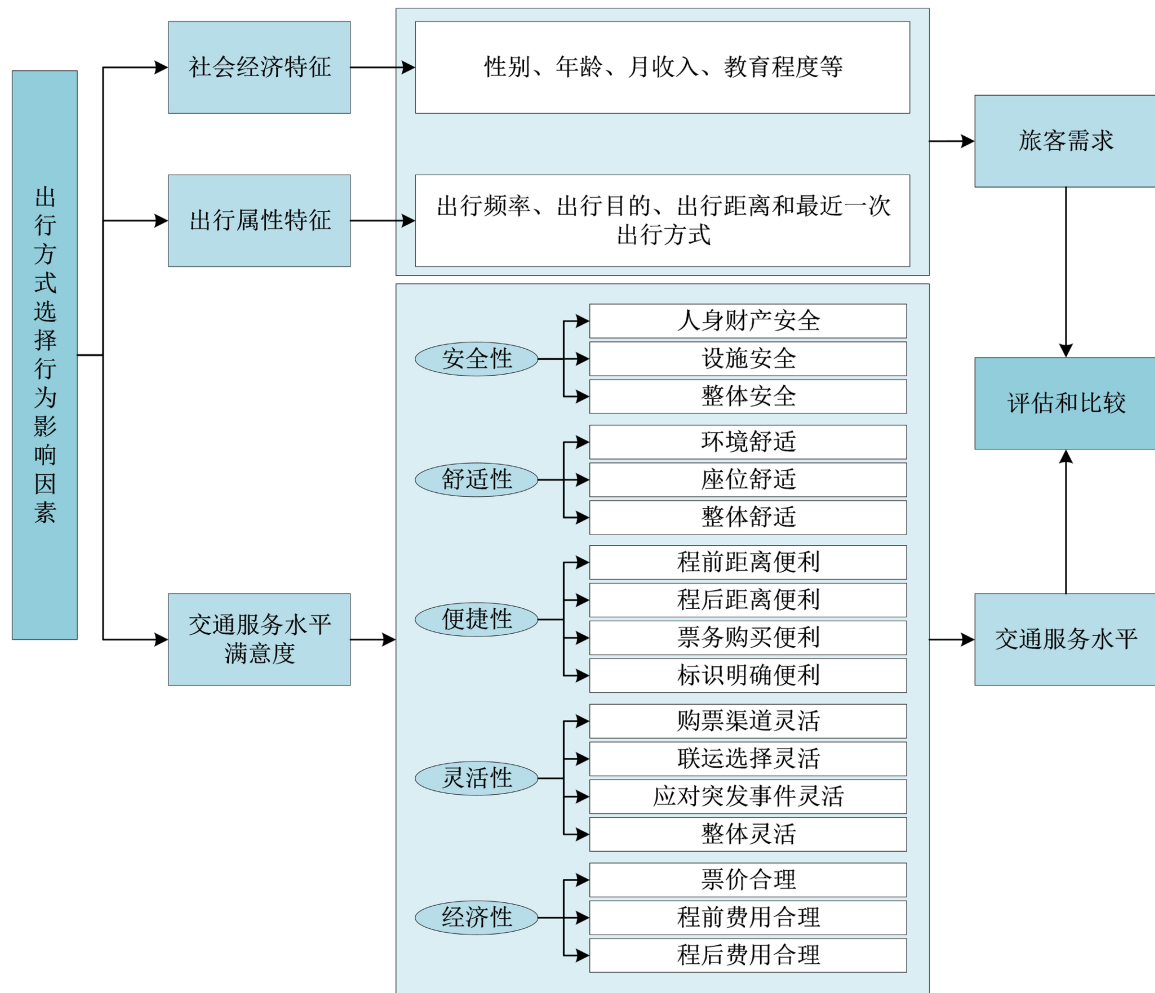


Figure 1. Factors influencing travel mode choice behaviour

图 1. 出行方式选择行为的影响因素

2.2. 数据收集

2.2.1. 描述性统计分析

中长运距旅客出行选择有效样本数据的描述性统计分析如表 1 所示。旅客最近一次出行方式的调查结果表明：选择航空出行的旅客比重较大，达到了总样本量的 45.90%；选择高铁出行的旅客比重次之，为 44.80%；选择空铁联运出行的旅客占比为 9.30%。

Table 1. Descriptive analysis of traveler characteristics

表 1. 旅客特征的描述性分析

变量描述	变量分类	频数	百分比
社会经济特征			
性别变量	男性	319	54.10%
	女性	271	45.90%

续表

年龄变量	26~30	177	30.00%
	31~35	163	27.60%
	36~40	130	22.10%
	18~25	83	14.10%
	41~50	31	5.20%
	50 以上	6	1.00%
职业变量	学生	179	30.30%
	公司职员	140	23.80%
	公务人员	83	14.10%
	企业管理人员	59	10.00%
	教师或科研人员	53	9.00%
	个体经营者	39	6.60%
	工人或农民	31	5.20%
	离退休人员	6	1.00%
教育水平变量	硕士研究生	216	36.60%
	本科	209	35.50%
	大专及以下	138	23.40%
	博士研究生及以下	27	4.50%
平均月收入变量	5000~10,000	248	42.10%
	5000 及以下	205	34.80%
	10,000~20,000	106	17.90%
	20,000 以上	31	5.20%
出行属性特征			
出行频率变量	每年 1~2 次	226	38.30%
	每年 3~4 次	189	32.10%
	每月 1~2 次	103	17.60%
	每年 5~6 次	53	9.00%
	每周 1~2 次	18	3.10%
出行目的变量	探亲访友	191	32.40%
	休闲旅游	163	27.60%
	返学或返工	138	23.40%
	商务出行	98	16.60%
最近一次出行距离	1000~1500 KM	181	30.70%
	500~1000 KM	163	27.60%
	1500~2000 KM	118	20.00%
	500 KM 以下	87	14.80%
	2000 KM 以上	41	6.90%

续表

最近一次出行方式	航空出行	271	45.90%
	高铁出行	264	44.80%
	空铁联运出行	55	9.30%

2.2.2. 信效度分析

本研究通过 Cronbach 系数信度检验方法对观测变量数据进行检验，如表 2 所示，各变量的 α 值均大于 0.7，总 α 值均大于 0.8，表明调查数据可靠。

Table 2. Reliability analysis

表 2. 信度分析

潜在变量	观察变量	观察变量数量	科隆巴赫 α 值		
			航空	高铁	空铁联运
μ_1 : 安全性	Y ₁ : 人身财产安全	3	0.815	0.776	0.778
	Y ₂ : 设施安全				
	Y ₃ : 整体安全				
μ_2 : 舒适性	Y ₄ : 环境舒适	3	0.821	0.78	0.772
	Y ₅ : 座位舒适				
	Y ₆ : 整体舒适				
μ_3 : 便捷性	Y ₇ : 程前距离便捷	4	0.834	0.812	0.841
	Y ₈ : 程后距离便捷				
	Y ₉ : 票务购买便捷				
	Y ₁₀ : 标识(换乘)便捷				
μ_4 : 灵活性	Y ₁₁ : 购票渠道灵活	4	0.771	0.723	0.817
	Y ₁₂ : 购票选择灵活				
	Y ₁₃ : 应对突发事件灵活				
	Y ₁₄ : 整体灵活				
μ_5 : 经济性	Y ₁₅ : 票价合理	3	0.748	0.704	0.729
	Y ₁₆ : 程前费用合理				
	Y ₁₇ : 程后费用合理				
总体满意度		17	0.878	0.887	0.862

效度检验是以因子分析法进行评价，如表 3 所示，本文数据检验结果 KMO 大于 0.7，Sig. 小于 0.05，适合进行因子分析。

Table 3. KMO and Bartlett's sphericity test results

表 3. KMO 和 Bartlett's 球形度检验结果

		航空	高铁	空铁联运
KMO 度量		0.844	0.861	0.862
Bartlett's 球形度检验	近似卡方	2790.809	2469.331	2916.136
	自由度 df	351	378	406
	显著性 Sig.	0.000	0.000	0.000

3. 模型构建

3.1. SEM 模型构建

构建结构方程模型如下所示，模型中符号定义见表4，另假设： ξ 与 δ 、 η 与 ε 间均不相关。

Table 4. Definition of symbols in models

表 4. 模型中符号定义

符号	定义
ξ	外生潜变量：单方面对其余变量有影响作用
η	内生潜变量：被全部或部分外生潜变量作用
B	内生潜变量与内生潜变量间的回归系数矩阵
Γ	外生潜变量与内生潜变量间的回归系数矩阵
ζ	对 η 无法解释的误差向量
X	ξ 的观测变量
Λ_x	X 和 ξ 的回归系数矩阵
δ	X 被 ξ 解释的误差向量
Y	η 的观测变量
Λ_y	Y 和 η 间的回归系数矩阵
ε	Y 被 η 解释的误差向量

结构方程：

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \tag{1}$$

外生潜变量的度量方程：

$$X = \Lambda_x\xi + \delta \tag{2}$$

内生潜变量的度量方程：

$$Y = \Lambda_y\eta + \varepsilon \tag{3}$$

假设 ξ 对应有 n 个观测变量，分别为 $X_1, X_2, \dots, X_n$ ，则式(2)转换为向量形式表示为：

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \wedge_{X1} \\ \wedge_{X2} \\ \vdots \\ \wedge_{Xn} \end{bmatrix} \xi \tag{4}$$

将 $\wedge_{X1}, \wedge_{X2}, \dots, \wedge_{Xn}$ 进行归一化处理，得到潜变量的特征表达式为：

$$\begin{cases} A_{X1} = \frac{\wedge_{X1}}{\wedge_{X1} + \wedge_{X2} + \dots + \wedge_{Xn}} \\ A_{X2} = \frac{\wedge_{X2}}{\wedge_{X1} + \wedge_{X2} + \dots + \wedge_{Xn}} \\ \vdots \\ A_{Xn} = \frac{\wedge_{Xn}}{\wedge_{X1} + \wedge_{X2} + \dots + \wedge_{Xn}} \end{cases} \tag{5}$$

$$\xi = A_{x1}X_1 + A_{x2}X_2 + \cdots + A_{xn}X_n \quad (6)$$

3.2. 整合潜变量的多项 Logit 模型

以随机效用理论和效用最大化理论作为多项 Logit 模型的理论基础, 固定项 V_{in} 和随机项 ε_{in} 构成出行旅客的个人效用 U_{in} , 如式(7)、式(8)所示。

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (7)$$

$$V_{in} = \theta_k X_{ink} = \sum_l a_{il} s_{iln} + \sum_q b_{iq} h_{iqn} \quad (8)$$

考虑到中长运距旅客出行交通模式选择的潜变量影响因素从而对效用函数改进, 如式(9)所示。

$$V_{in} = \sum_l a_{il} s_{iln} + \sum_q b_{iq} h_{iqn} + \sum_k c_{ik} \eta_{ikn} \quad (9)$$

通过潜变量对应的观测变量来描述 η_{ikn} , 以及利用外生潜变量来解释内生潜变量, 如式(10)所示。

$$y_{itn} = \sum_k r_{ikt} \eta_{ikn} + \xi_{itn} \quad (10)$$

根据效用最大化理论, 当满足 $U_{in} \geq U_{jn}$ 且 $i \neq j$ 时, 中长运距旅客选择第 i 种交通模式。旅客 n 选择第 i 种交通模式的概率 P_{in} 为:

$$\begin{aligned} P_{in} &= P\{U_{in} \geq U_{jn}, i \neq j\} = P\{V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}, i \neq j\} \\ &= P\left\{\sum_l a_{il} s_{iln} + \sum_q b_{iq} h_{iqn} + \sum_k c_{ik} \eta_{ikn} + \varepsilon_{in} \geq \sum_l a_{jl} s_{jln} + \sum_q b_{jq} h_{jqn} + \sum_k c_{jk} \eta_{jkn} + \varepsilon_{jn}, i \neq j\right\} \end{aligned} \quad (11)$$

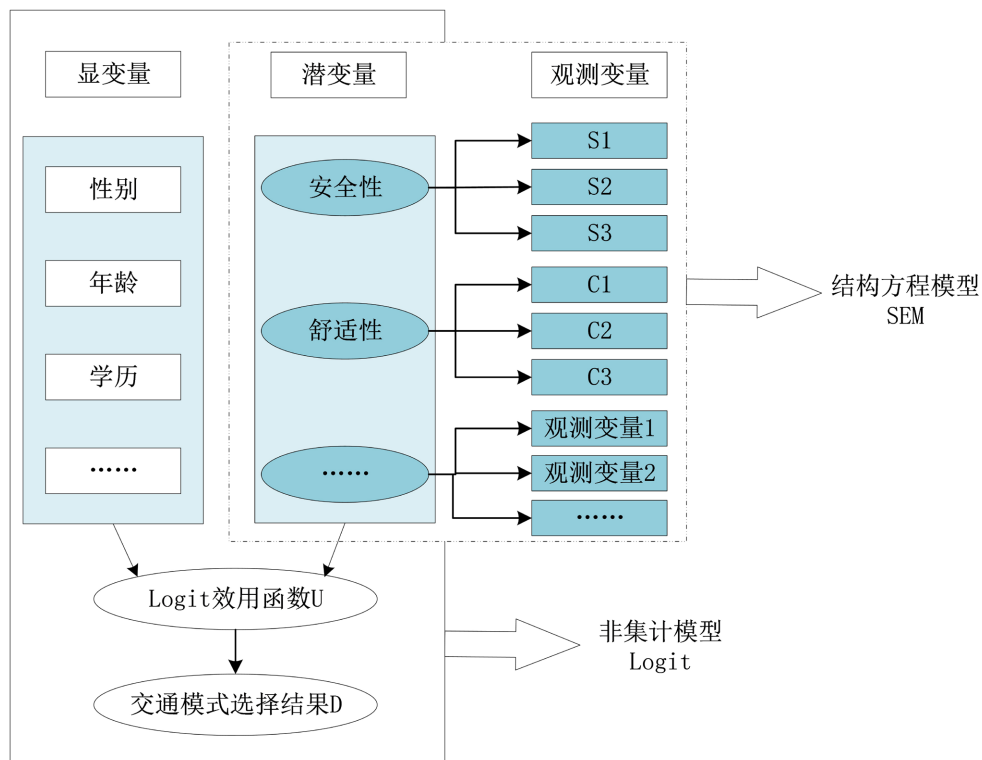


Figure 2. SEM-Logit model structure
图 2. SEM-Logit 模型结构

假设各种交通方式的效用函数中的随机误差项服从 Gumbel 分布, 且相互独立, 可以得到包含潜变量的多项 Logit 模型。如式(12)所示:

$$P_{in} = \frac{\exp\left(\sum_l a_{il}s_{iln} + \sum_q b_{iq}h_{iqn} + \sum_k c_{ik}\eta_{ikn}\right)}{\sum_i \exp\left(\sum_l a_{il}s_{iln} + \sum_q b_{iq}h_{iqn} + \sum_k c_{ik}\eta_{ikn}\right)} \quad (12)$$

出行方式的选择是一个复杂的决策过程, 受乘客个体特征、出行属性特征、交通服务特征水平等诸多因素的影响。事实上, 选择本身就是一种商品消费, 出行方式选择行为本质上是消费者的选择行为[8]。社会经济特征和出行属性特征属于显变量, 可以直接观测, 而交通服务特征水平是潜变量, 需要其他相关观测变量来测量。这两类变量可以通过交通服务和非理性定性因素联系起来, 表明旅客的感受和期望应该作为重要变量来考虑旅客决策过程的机制分析。本文的 SEML 模型结构如图 2 所示。

4. 模型结果

4.1. SEM 模型结果

利用 AMOS 软件计算 SEM 的载荷系数值, 输出如图 3 所示, 相应的模型结果如表 5 所示。由表 5 中 p 值列可知, 在不同置信水平下, 各因子均与 0 有显著差异。

Table 5. SEM model path coefficients of air-rail
表 5. 空铁联运 SEM 模型路径系数

	Path		Estimate	S.E.	C.R.
ARS1	<---	安全性	0.718	0.04	7.282
ARS2	<---	安全性	0.730	0.039	7.361
ARS3	<---	安全性	0.683	0.037	6.544
ARC1	<---	舒适性	0.713	0.042	8.945
ARC2	<---	舒适性	0.650	0.038	8.228
ARC3	<---	舒适性	0.654	0.041	7.269
ARN1	<---	便捷性	0.699	0.043	8.845
ARN2	<---	便捷性	0.633	0.04	8.222
ARN3	<---	便捷性	0.680	0.041	8.667
ARN4	<---	便捷性	0.635	0.039	8.236
ARF1	<---	灵活性	0.728	0.041	9.167
ARF2	<---	灵活性	0.664	0.04	8.57
ARF3	<---	灵活性	0.608	0.039	7.939
ARF4	<---	灵活性	0.685	0.04	8.765
ARE1	<---	经济性	0.617	0.034	5.818
ARE2	<---	经济性	0.622	0.035	5.524
ARE3	<---	经济性	0.710	0.036	6.632
AR	<---	安全性	0.211	0.057	3.702
AR	<---	舒适性	0.135	0.077	1.753
AR	<---	便捷性	0.029	0.046	0.630
AR	<---	灵活性	0.184	0.068	2.706
AR	<---	经济性	0.215	0.046	4.674

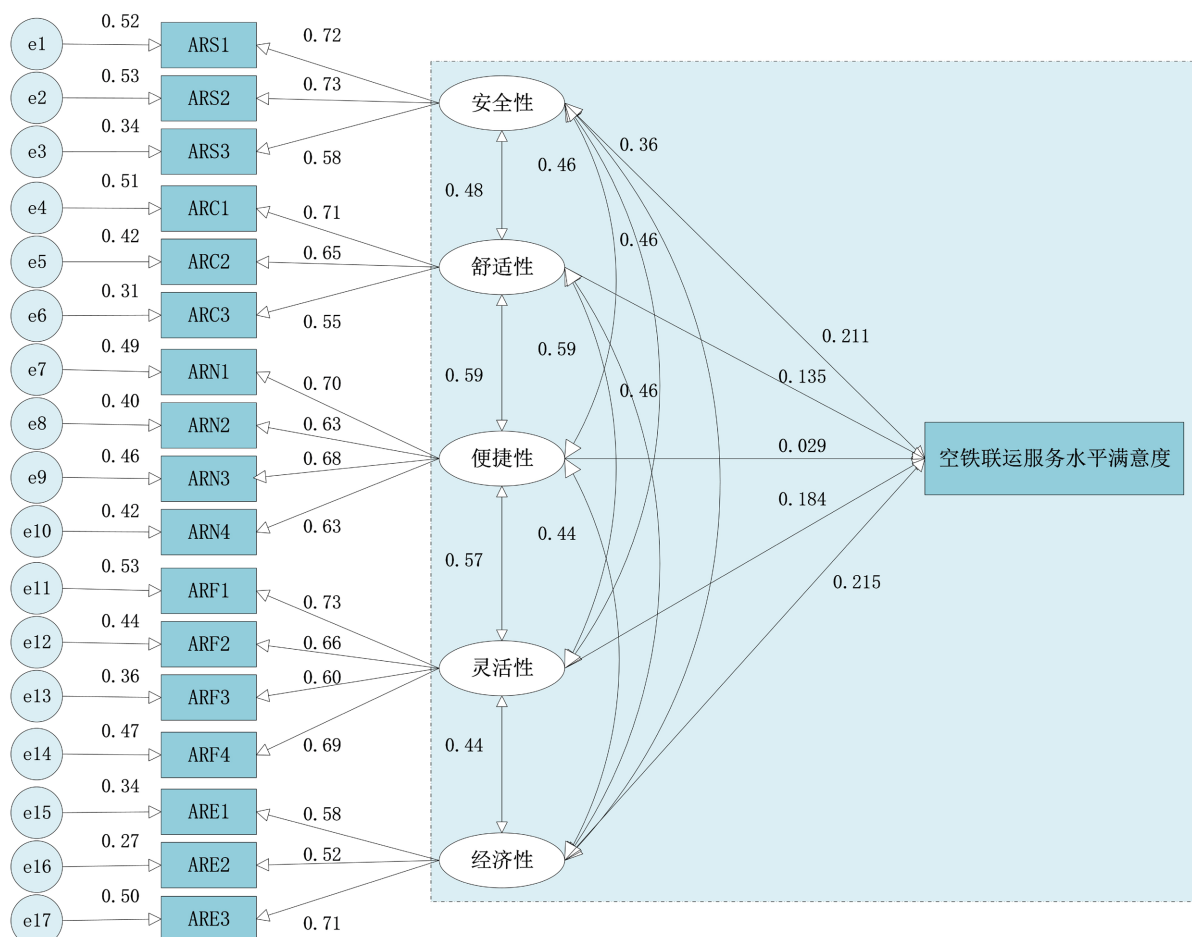


Figure 3. Path coefficient diagram of SEM model

图 3. SEM 模型路径系数图

根据负荷因子系数, 潜变量对空铁联运服务水平满意度的影响由高到低依次为经济性、便捷性、灵活性、安全性和舒适性。经济性对乘客对空铁联运服务水平满意度的影响最大, 但在表 3 中得分较低, 说明在满意度重要性矩阵中经济性亟待提高。结合其具体观察变量可知, 出行中票价和程前程后费用对经济性服务水平有显著影响, 标准化负荷因子分别为 0.617、0.622 和 0.710, 说明乘客更关注出行全程的经济花费。在同时存在三种出行方式的市场中, 经济性是空铁联运的独特竞争优势, 空铁联运定价设置应该进行充分优化, 加强双方合作, 满足旅客经济性需求。

提高空铁联运的便捷性水平可以增加旅客的选择意向和满意度, 这主要体现在出发前到达高铁站或机场的程前距离便捷、到达目的地的程后距离便捷、票务购买便捷和换乘便捷四个方面, 标准化载荷系数分别为 0.699、0.633、0.680 和 0.695。结果表明, 程前出行花费时间长和换乘不够便捷是影响旅客便捷性的主要因素。可以将空铁联运的前半段出行由地理位置有优势的高铁站或机场开启, 避免旅客程前疲惫, 同时通过合理的组织设计缩短换乘距离和换乘短驳车的发车频率。

由表 6 可知, 舒适性和便捷性的路径系数最大, 表明在中长运距情景中选择航空出行的旅客最重视舒适性和便捷性。舒适性与 AC1 的路径系数是 0.729, 与 AC3 之间的路径系数是 0.652, 便捷性与 AN3 之间的路径系数最大, 为 0.602。旅客在乘坐航空出行时, “机舱内环境舒适”和“整体舒适”是促使旅客选择航空出行的主要因素, “机票购买便捷”则是影响旅客选择航空的重要因素。

Table 6. Path coefficients of air SEM model
表 6. 航空 SEM 模型路径系数

	Path		Estimate	S.E.	C.R.
AS1	<---	安全性	0.656	0.046	14.261
AS2	<---	安全性	0.513	0.042	12.214
AS3	<---	安全性	0.567	0.039	14.538
AC1	<---	舒适性	0.729	0.046	15.848
AC2	<---	舒适性	0.601	0.048	12.521
AC3	<---	舒适性	0.652	0.047	13.872
AN1	<---	便捷性	0.526	0.048	10.958
AN2	<---	便捷性	0.569	0.051	11.157
AN3	<---	便捷性	0.602	0.032	18.813
AN4	<---	便捷性	0.537	0.033	16.273
AF1	<---	灵活性	0.649	0.037	17.541
AF2	<---	灵活性	0.523	0.042	12.452
AF3	<---	灵活性	0.595	0.04	14.875
AF4	<---	灵活性	0.545	0.036	15.139
AE1	<---	经济性	0.529	0.047	11.255
AE2	<---	经济性	0.647	0.04	16.175
AE3	<---	经济性	0.52	0.036	14.444
Air	<---	安全性	0.774	0.165	4.691
Air	<---	舒适性	2.505	0.213	11.761
Air	<---	便捷性	1.402	0.383	3.661
Air	<---	灵活性	1.201	0.329	3.650
Air	<---	经济性	0.913	0.564	1.619

由表 7 可知，在铁路运输服务的选择因素中，中长距离旅客最为看重的是便捷性和安全性，这两项因素的路径系数最高。具体来说，便捷性与 RN2 相关性最强，而安全性则与观测变量 RS2 的关联最为显著。这表明，在中长距离的旅行中，铁路交通的便捷性和安全性是影响旅客选择的主导因素，其中，“目的地与站点之间的通勤便捷”是旅客对铁路便捷性评价最高的方面，“高铁设施的安全性”是铁路安全性服务中最有影响力的要素。此外，相关部门需要重点关注并优化“高铁票价”，以增强旅客选择铁路出行的意愿。

Table 7. Path coefficients of railway SEM model
表 7. 铁路 SEM 模型路径系数

	Path		Estimate	S.E.	C.R.
RS1	<---	安全性	0.63	0.043	14.651
RS2	<---	安全性	0.759	0.04	18.975
RS3	<---	安全性	0.733	0.038	19.289
RC1	<---	舒适性	0.644	0.04	16.1

续表

RC2	<---	舒适性	0.586	0.04	14.65
RC3	<---	舒适性	0.761	0.04	19.025
RN1	<---	便捷性	0.782	0.039	20.051
RN2	<---	便捷性	0.838	0.041	20.439
RN3	<---	便捷性	0.704	0.039	18.051
RN4	<---	便捷性	0.635	0.038	16.711
RF1	<---	灵活性	0.706	0.036	19.611
RF2	<---	灵活性	0.671	0.039	17.205
RF3	<---	灵活性	0.631	0.041	15.39
RF4	<---	灵活性	0.609	0.035	17.4
RE1	<---	经济性	0.545	0.044	12.386
RE2	<---	经济性	0.637	0.043	14.814
RE3	<---	经济性	0.661	0.038	17.395
Rail	<---	安全性	1.315	0.042	31.31
Rail	<---	舒适性	1.068	0.037	28.865
Rail	<---	便捷性	2.072	0.035	59.2
Rail	<---	灵活性	1.035	0.048	21.563
Rail	<---	经济性	1.016	0.054	18.815

结构方程模型各拟合指标具有参考标准，一般来说，良好模型的 RMSEA 和 RMR 值应小于 0.05，而 CFI、AGIF、CFI、NFI、IFI 和 TLI 值应大于 0.90 [9]。本文的 SEM 模型主要固定指标均达到兼容标准，拟合度较好，各拟合指标的实际值如表 8 所示。

Table 8. Fitting statistics for structural equation modelling

表 8. 结构方程模型的拟合统计

拟合指标	参考标准	实测结果
CMIN/DF	1~3 为优秀，3~5 为良好	1.27
RMSEA	<0.05 为优秀，<0.08 为良好	0.031
RMR	<0.05 为优秀，<0.08 为良好	0.023
NFI	>0.9 为优秀，>0.8 为良好	0.882
IFI	>0.9 为优秀，>0.8 为良好	0.972
GFI	>0.9 为优秀，>0.8 为良好	0.942
AGFI	>0.9 为优秀，>0.8 为良好	0.921
TLI	>0.9 为优秀，>0.8 为良好	0.966
CFI	>0.9 为优秀，>0.8 为良好	0.972

4.2. SEM-Logit 整合模型结果

由模型中各变量的参数估计结果得到中长运距旅客出行的交通模式选择模型，航空出行、高铁出行、

空铁联运出行三种交通模式的效应函数如式(13)、(14)所示。

$$\text{Logit}\left(\frac{P_1}{P_3}\right) = 24.905 + 2.065occ + 3.131inc + 1.76fre + 1.603aim - 1.485dis - 3.282SF + 1.273CF + 2.249CV + 5.482IF - 3.710EC \quad (13)$$

$$\text{Logit}\left(\frac{P_2}{P_3}\right) = 20.670 + 1.611occ + 1.736edu + 1.334inc + 4.247fre - 2.478aim - 4.562dis - 2.521SF + 2.372CF + 4.382CV + 2.786IF - 1.426EC \quad (14)$$

式中, P_1 、 P_2 、 P_3 分别为旅客在中长运距下选择航空、高铁和空铁联运的概率, 且 $P_1 + P_2 + P_3 = 1$ 。

由式(13)、(14)可知, 显著影响旅客选择意向的社会经济属性包括职业、收入和教育水平, 出行属性包括出行频率、出行目的和出行距离。其中, 职业和收入对于旅客选择航空出行影响最为显著。职业发展较好的高收入人群更倾向选择航空出行, 具体数值上, 式(13)中职业系数值为 2.065, 收入系数值为 3.131, 在其他因素不变的情况下, 如果职业发展上升一个统计水平, 被调查者选择航空出行的概率比选择空铁联运的概率高 2.065 倍, 如果收入上升一个统计水平, 被调查者选择航空出行的概率比选择空铁联运的概率高 3.131 倍。随着出行频率的上升, 出行距离的增加和出行目的对于时间价值的重视, 旅客在同等情况下更偏向选择航空出行。在交通服务水平特征方面, 舒适性、便捷性和灵活性的系数值为正值, 安全性和经济性的系数值为负值。由此可知, 在安全性和经济性方面, 被调查旅客认为空铁联运比航空更胜一筹。在式(14)中, 教育水平比较高的人群更偏向选择高铁出行, 收入和职业发展随着统计水平的上升, 也更偏向选择高铁出行。在出行属性上, 随着出行频率的增加更偏好选择高铁, 而随着出行目的对时间价值的重要性提高和出行距离的增加, 旅客在同等情况下选择空铁联运出行的意愿增强。同时, 被调查旅客认为在交通服务特征水平方面相比, 高铁更能让旅客满意, 具体表现在舒适性、便捷性和灵活性三个方面。

5. 结论

本文基于网络技术赋能背景, 研究了航空、高铁及空铁联运三种交通方式的旅客选择行为机制。通过 SEM-Logit 模型分析发现: 在社会经济属性维度, 教育程度与出行方式选择呈现显著相关性, 博士及以上高学历群体对空铁联运接受度最高(占比达 38.6%); 在出行属性维度, 高频短途旅客偏好高铁(选择概率提升 27%), 低频长途旅客倾向空铁联运(选择概率达 41.2%); 在服务特征维度, 便捷性($\beta = 0.742$)与经济性($\beta = 0.693$)构成核心决策要素, 当便捷性提升一个统计单位, 选择高铁与航空的概率分别是空铁联运的 4.38 倍和 2.25 倍。

基于电子商务视角, 本研究提出以下数字化转型策略: 首先, 通过构建智能票务生态系统实现“一键式”联运产品购买, 将航空值机、铁路选座、接驳预约等环节整合至统一界面, 结合电子支付创新(如数字人民币跨平台结算)可将交易效率提升 40%以上。其次, 运用客户数据分析引擎, 基于旅客历史订单、位置轨迹和消费偏好构建用户画像, 通过机器学习算法实现联运产品的个性化推荐。再者, 借助社交媒体平台开展精准营销, 针对高频商旅用户推送“航空 + 高铁”商务套票, 面向学生群体设计“返校季联运优惠”, 利用直播电商渠道演示 VR 换乘导航功能, 提升转化率。最后, 建议建立空铁数据共享平台, 通过 API 接口实现动态票价协同, 当航空延误时自动触发高铁票务保障机制, 运用区块链技术确保多式联运电子合同的实时追溯。通过电子商务技术重构旅客服务链条, 可有效突破传统联运模式在信息孤岛、支付壁垒和服务断层等方面的瓶颈。这不仅能够将换乘时间成本降低, 更可通过增值服务开发(如联运会员积分互通)提升客户粘性, 为综合交通体系的数字化转型提供可复制的商业范式。

基金项目

教育部人文社会科学研究项目“区域多机场系统空铁一体化合作的动因、机制与路径研究——多元主体协同视角”(23YJC790027)。

参考文献

- [1] Han, Y., Li, W., Wei, S. and Zhang, T. (2018) Research on Passenger's Travel Mode Choice Behavior Waiting at Bus Station Based on Sem-Logit Integration Model. *Sustainability*, **10**, Article 1996. <https://doi.org/10.3390/su10061996>
- [2] Yuan, Y., Yang, M., Feng, T., Rasouli, S., Li, D. and Ruan, X. (2021) Heterogeneity in Passenger Satisfaction with Air-Rail Integration Services: Results of a Finite Mixture Partial Least Squares Model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, **147**, 133-158. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.03.003>
- [3] Yuan, Y., Yang, M., Feng, T., Rasouli, S., Ruan, X., Wang, X., *et al.* (2021) Analyzing Heterogeneity in Passenger Satisfaction, Loyalty, and Complaints with Air-Rail Integrated Services. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **97**, Article 102950. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102950>
- [4] Hossain, S. and Habib, K.N. (2022) Inferring Origin and Destination Zones of Transit Trips through Fusion of Smart Card Transactions, Travel Surveys, and Land-Use Data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, **165**, 267-284. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.09.010>
- [5] De Vos, J., Mokhtarian, P.L., Schwanen, T., Van Acker, V. and Witlox, F. (2015) Travel Mode Choice and Travel Satisfaction: Bridging the Gap between Decision Utility and Experienced Utility. *Transportation*, **43**, 771-796. <https://doi.org/10.1007/s11116-015-9619-9>
- [6] 程龙, 陈学武, 杨硕. 基于态度-行为模型的低收入通勤者出行方式选择[J]. 交通运输系统工程与信息, 2016, 16(1): 176-181+201.
- [7] Minglong, W. (2009) Structural Equation Model: Operation and Application of AMOS. Chongqing University Press.
- [8] Train, K.E. (2009) Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge University Press.
- [9] Steiger, J.H. (1980) Statistically Based Tests for the Number of Common Factors. *Annual Meeting of the Psychometric Society*, Iowa, 28-30 May 1980.