

群体属性对轨道交通乘客满意度的影响分析

梅羽, 李佳玉, 王红, 朱顺应

(武汉理工大学 交通学院, 湖北 武汉 430063)

摘要: 为定量研究乘客群体属性对轨道交通满意度的影响,把属性分为基本属性和交通属性、乘客分为满意和不满意乘客,采用单因素方差法筛选属性、BP 神经网络法确定属性影响权重。结果表明,满意群体与不满意群体中乘客属性对于总体满意度的影响权重分别为 0.331 5、0.296 6,后者更注重服务质量;对于不满意群体,具有较大影响的基本属性为性别、是否常住和收入,权重分别为 0.030 6、0.029 6、0.028 7;影响较大的交通属性为换乘次数和拥挤程度,权重分别为 0.042 3、0.069 7;不满意群体和满意群体总体满意度分别随收入、换乘次数和拥挤程度呈异于常识的倒 U 形和 U 形分布,并从心理学上解释了原因,提出了改善对策。

关键词: 轨道交通;群体属性;乘客满意度;BP 神经网络

中图分类号: U492.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)01-0049-05

轨道交通要体现“乘客为本”的服务宗旨,首先需了解乘客群体属性对满意度的影响。不同人群对于总体满意度的评价标准不同,乘客群体属性对于轨道交通乘客满意度具有较大影响,研究乘客群体属性对轨道交通乘客满意度的影响可帮助轨道运营单位针对不同乘客人群提出靶向性改善方案。目前,大部分乘客满意度研究侧重于子满意度对总体满意度的影响权重,忽略了乘客群体属性对于总体满意度的影响。武钧等研究了影响 BRT 乘客满意度的各种因素,其中虽包含乘客群体属性,但因采用单因素方差分析法,无法确定因素影响权重。

轨道交通满意度评价中,各因素权重确定可采用模糊综合评价法、层次分析法、灰色关联理论和结构方程模型,其中:模糊综合评价法可能会因因素多导致权重小而造成严重失真或多峰值现象;层次分析法主观性强,难以令人信服;灰色关联理论需确定各因素的最优值,主观性强,同时部分因素的最优值难以确定;结构方程模型是目前研究乘客满意度因素权重的主流方式,主要反映变量间的线性关系,而乘客群体属性和总体满意度间的关系极可能是非线性的。BP 神经网络无需事先标定模型,可通过给定数据自发学习,并对数据间关系不断进行修正,具有良好的非线性映射能力。该文利用 2016 年武汉市轨道交通乘客满意度调查数据,把乘客分为满意乘客和不满意乘客,采取 BP 神经网络法研究乘客群体属性对总体满意度的影响权重,分析属性因素影响规律。

1 数据与分析方法

1.1 调查问卷设计

调查问卷分乘客群体属性和子满意度两部分。
1) 乘客群体属性。城市轨道交通客运服务质量评价会受乘客群体属性的影响,乘客群体属性分为基本属性(性别、年龄、收入等)和交通属性(前乘坐交通工具、轨道乘坐频率、车厢拥挤程度主观感知等),分别包含 5 和 6 个问题。
2) 乘客子满意度。乘客对轨道交通服务质量各分项(列车安全性、列车舒适性、乘车文明等)进行满意度评价,共 14 个问题。子满意度和总体满意度采用李克特量表法量化,两者均采用 5 进制:非常不满意=1,不满意=2,基本满意=3,满意=4,非常满意=5。

1.2 数据来源

(1) 样本量确定。综合考虑各方面因素,在置信度 95%、相对误差 1%、标准差 0.6 的条件下,确定武汉市轨道交通服务质量调查最小有效样本量为 13 830 份。

(2) 信度与效度检验。采取随机抽样法,共发放问卷 20 000 份,回收的问卷中 18 370 份有效,有效回收率为 91.85%,达到最小样本量要求。其中满意群体(包括满意和非常满意)7 650 份,不满意群体(包括非常不满意、不满意和基本满意)10 720 份。利用 SPSS20.0 进行问卷效度和信度检验,克朗巴哈 α 信度系数为 0.879,调查问卷信度很高;各调查因素的共同度均大于 0.4,调查问卷的因素体系

合理。

(3) 样本代表性检验。调查覆盖了乘客属性的所有分类,对有效问卷的分析表明样本具有一定的代表性。

1.3 分析方法

为了研究乘客群体属性和子满意度对总体满意度的影响,采用 BP 神经网络权重确定法,技术路线见图 1。

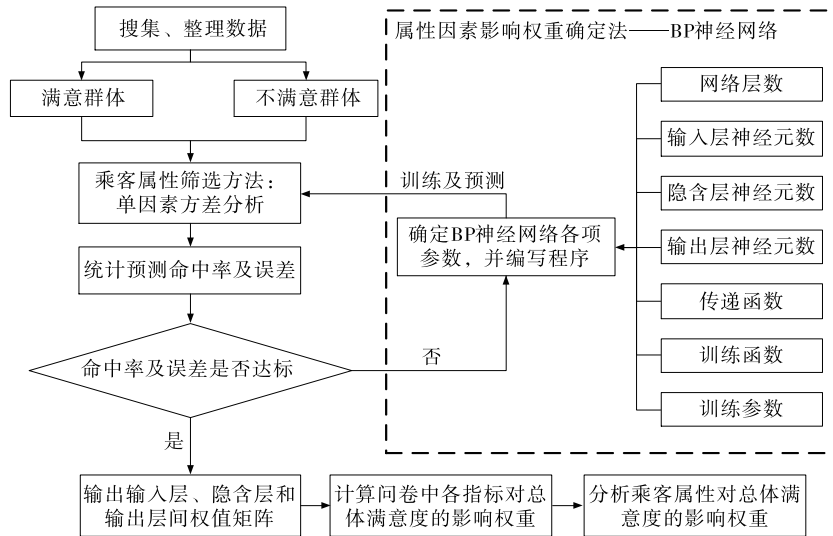


图 1 BP 神经网络权重分析步骤

1.3.1 乘客属性筛选方法

通过单因素方差分析判断满意、不满意群体乘客群体属性各因素对总体满意度是否有显著影响。

1.3.2 因素影响权重确定

采用 BP 神经网络对所得大数据进行训练与测试,得出权值矩阵。

(1) BP 网络结构确定。BP 神经网络结构相对灵活,包含网络层数、输入层神经元个数 M 、隐含层神经元个数 N 、输出层神经元个数 Q 、传递和训练函数,均视具体情况确定。其中隐含层神经元个数对 BP 网络的性能有很大影响,目前无理想的解析式用于计算隐含层神经元个数,通常采用式(1)~(3)所示经验公式给出估计值。初步确定的 BP 神经网络基本结构见图 2。

$$N = \sum_{i=0}^n C_M^i > k \quad (1)$$

式中: k 为样本数。

$$N = \sqrt{Q+M} + a \quad (2)$$

式中: a 为 $[0,10]$ 的常数。

$$N = \log_2 M \quad (3)$$

(2) 训练参数确定。根据研究需要,确定学习速率为 0.05、训练精度为 0.000 5、最大训练次数为 10 000 次。

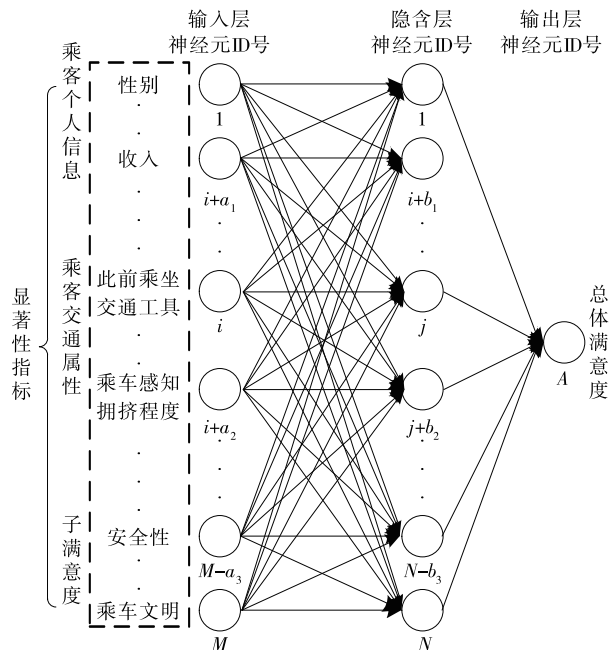


图 2 BP 神经网络基本结构

1.3.3 模型预测及检验

对建立的 BP 神经网络模型进行训练与预测,分析其预测命中率 θ 及误差 E_i 。首先对试验数据进行随机排序,选取前 99%(满意群体 7 573 个数据、不满意群体 10 612 个数据)为训练集,后 1%(满意群体 77 个数据、不满意群体 108 个数据)为预测

集。样本预测值 A_i 与实际值 B_i 间的绝对误差按式(4)计算,若 $E_i < 0.5$,则认为预测正确,反之则预测错误。

$$E_i = |A_i - B_i| \quad (i=1, 2, \dots, 108) \quad (4)$$

θ 按下式计算:

$$\theta = Q/R \quad (5)$$

式中: Q 为预测样本命中数量; R 为预测样本总数量。

1.3.4 权重计算

BP 神经网络模型可输出输入层—隐含层、隐含层—输出层间的权值矩阵。Aleboyeh A.等提出的通过各层间权值矩阵计算输入层对于输出层权重的算法如下:

$$I_m = \frac{\sum_{n=1}^M [(\omega_{nm}^1 / \sum_{k=1}^N |\omega_{kn}^1|) \cdot |\omega_{na}^2|]}{\sum_{k=1}^N \{ \sum_{n=1}^M [(\omega_{kn}^1 / \sum_{k=1}^N |\omega_{kn}^1|) \cdot |\omega_{na}^2|] \}} \quad (6)$$

式中: I_m 为第 m 个输入参数对第 a 个输出参数的影响权重; ω^1 为输入层与隐含层间的连接权值; ω^2 为隐含层到输出层间的连接权值; m, n, a 分别为输入层、隐含层、输出层的节点(神经元)序号。

1.3.5 重要群体属性影响规律分析

重要群体属性影响规律分析采取满意群体和不满意群体的总体满意度均值比较法,以图形直观地揭示其间隐含的规律。

2 结果分析

2.1 乘客属性筛选

单因素方差分析发现乘客属性因素中满意群体仅性别因素、不满意群体仅年龄和频率因素所对应的 P 值大于 0.05,说明满意群体中性别因素、不满意群体中年龄和频率因素对于总体满意度无显著影响,可剔除。

2.2 BP 神经网络设计及训练

(1) 网络层数。理论研究表明,1 个 S 形隐含层加 1 个线性输出层的 3 层 BP 网络能逼近任何函数,故采用 3 层 BP 神经网络构建各因素对于总体满意度的学习模型。

(2) 输入层神经元。输入层神经元个数取决于输入向量的维数。经筛选剔除因素后,两群体 BP 神经网络分别包含 24 和 23 个输入神经元。

(3) 隐含层神经元。按式(1)确定满意群体 M

≥ 13 ,不满意群体 $M \geq 14$;按式(2)确定两群体 $5 \leq M \leq 15$;按式(3)确定两群体 $M = 6$ 。为研究方便,两群体隐含层神经元均取 15 个。

(4) 输出层神经元。该文仅需输出总体满意度,输出层神经元只有 1 个。

(5) 传递函数及训练函数。根据数据量大小及以往经验,传递函数中隐含层选择 Sigmoid 函数,输出层选择 Purlin 线性函数,训练函数选择均方误差较小、收敛速度快的 LM 函数。

(6) 训练参数。满意群体、不满意群体实际分别训练 10 和 11 次即达到 0.000 5 的精度要求,第 4 和第 5 次达到最小均方误差。

2.3 模型预测与检验

计算得满意群体和不满意群体总体预测命中率分别为 81.82%、87.04%,平均预测相对误差分别为 7.33%、6.67%,模型预测命中率高,误差小,能较好地反映问卷中各项因素与总体满意度间的关系。

2.4 权重计算

满意群体和不满意群体样本数据通过 BP 神经网络训练后,输出各层间的权值矩阵,再通过式(6)计算得到问卷中各因素对总体满意度的影响权重(见图 3)。

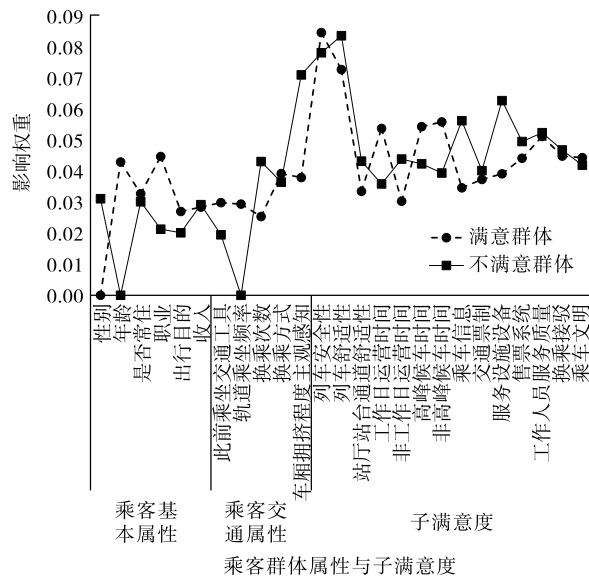


图 3 各因素对总体满意度的影响权重

根据图 3,乘客群体属性各因素对总体满意度的权重总和分别为 0.331 5、0.296 6,其中两群体乘客基本属性所占权重分别为 0.172 6、0.129 5,乘客交通属性所占权重分别为 0.158 8、0.167 0。对于不满意群体,具有较大影响权重的乘客基本属性因素

3 结语

上述研究结果可使轨道运营单位在了解各子满意度因素改善优先级的情况下,根据不同属性的乘客进行针对性改善,提高改善效率,达到事半功倍的效果,对提高轨道交通乘客满意度具有指导意义。但仍存在一些不足,一是调查数据局限于武汉,权重分析结果对于其他地区可能不具有普适性;二是受问卷篇幅的限制,无法将所有乘客属性一一列举,是否存在对总体满意度具有较大影响的其他乘客属性仍有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Fornell C. The American customer satisfaction index: nature, purpose, and findings[J]. Journal of Marketing, 1996, 60(4).
- [2] 周艳芳,周磊山.城市轨道交通乘客满意度评价体系的构建[J].都市轨道交通,2007,20(5).
- [3] Celik E, Aydin N, Gumus A T. A hierarchical customer satisfaction framework for evaluating rail transit systems of Istanbul[J]. Transportation Research Part A: Policy And Practice, 2015, 77(10).
- [4] 武钧,霍月英.快速公交乘客满意度影响因素的定量研

究[J].计算机工程与应用,2015,51(21).

- [5] 杨国元,史天运,张秋亮.基于 BP 神经网络的铁路客运服务质量评价研究[J].交通运输系统工程与信息, 2016, 16(5).
- [6] 彭金栓,贺建伟.考虑复合权重的城轨乘客满意度测评[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2016,35(2).
- [7] 李修海,于少伟.信号交叉口集聚车辆的跟驰行为分析与建模[J].交通运输系统工程与信息,2015,15(2).
- [8] Hadiuzzman M, Das T, Hasnat M M, et al. Structural equation modeling of user satisfaction of bus transit service quality based on stated preferences and latent variables[J]. Transportation Planning and Technology, 2017, 40(3).
- [9] 李豹,朱顺应,金智英,等.信号交叉口行人环境绩效测评与改善策略优选[J].交通运输系统工程与信息, 2015, 15(4).
- [10] Aleboyeh A, Kasiri M B, Olya M E, et al. Prediction of azo dye decolorization by UV/H₂O₂ using artificial neural networks[J]. Dyes and Pigments, 2008, 77(2).
- [11] 王芳,仇梦嫒,沙润,等.中国大陆女性赴韩旅游动机对游客满意度的影响[J].地域研究与开发,2015,34(5).

收稿日期:2017-07-25

(上接第 48 页)

4 结语

对影响城市道路交通安全的驾驶员、车辆、道路及环境因素进行分析,构建了由 13 个指标构成的用于城市道路交通安全评价的指标体系,并建立了基于熵权物元的评价模型,采用熵权法确定各指标权重。通过对重庆主城区交通状况的分析,对各评价指标进行量化,得出重庆主城区交通安全状况良好,但交通运行环境等方面有待进一步改善。

参考文献:

- [1] Zageer C V. Accident effects of sideslope and other roadside features on two-lane roads[J]. Transportation Research Record, 1988, 1195.
- [2] Andersson A K, Lee C. The impact of climate change on winter road maintenance and traffic accidents in West Midlands, UK[J]. Accident Analysis & Prevention, 2011, 43(1).
- [3] Yau K K W, Lo H P, Fung S H H. Multiple-vehicle

traffic accidents in Hong Kong[J]. Accident Analysis & Prevention, 2006, 38(6).

- [4] 刘东波,王长君.云南省特大道路交通事故分析[J].交通运输系统工程与信息,2007,7(1).
- [5] 孙轶轩.基于数据挖掘的道路交通事故分析研究[D].北京:北京交通大学,2014.
- [6] Standards Australia. Guide to road safety audit (Second Edition 2002)[S].
- [7] 张浩.客车操纵稳定性及其控制策略研究[D].长春:吉林大学,2012.
- [8] 陈春.道路交通事故的影响因素研究:基于结构方程模型的实证研究[J].中国安全生产科学技术,2014(5).
- [9] 林清.基于熵权物元模型的北京地铁车站运营脆弱性评价研究[D].北京:北京交通大学,2015.
- [10] 重庆市交通规划研究院.2016 年重庆市主城区交通发展年度报告[R].重庆:重庆市交通规划研究院,2017.
- [11] 刘娜,艾南山,方艳,等.基于熵权的模糊物元模型在城市生态系统健康评价中的应用[J].成都理工大学学报:自然科学版,2007,34(5).

收稿日期:2017-06-14