

基于直觉模糊熵法的城市轨道交通 乘客满意度评价研究*

王飞¹ 谭征¹ 张锦川² 张荣献²

(1. 南阳理工学院建筑学院, 473004, 南阳;

2. 南阳市防震减灾中心, 473005, 南阳//第一作者, 讲师)

摘要 为客观合理评价城市轨道交通乘客满意度与感知度,从安全性、时间性、便捷性、经济性、舒适性与服务性等6个维度构建了城市轨道交通乘客满意度评价系统。以留置问卷调查法和网上调查法为手段,进行了3次城市轨道交通乘客满意度测评问卷调查。利用直觉模糊集三维表示形式刻画测评语言属性信息,描述了乘客决策过程中的满意度、抱怨度、犹豫度等心理特征;采用直觉模糊熵为决策指标赋权;通过计算模型修正得分函数与精确函数,实现了城市轨道交通乘客的综合满意度和指标满意度的评价结果排序。郑州轨道交通1号线实证研究表明:该方法充分考虑了犹豫信息对测评决策的影响,评价结果可信、合理。

关键词 城市轨道交通;乘客满意度;直觉模糊熵法;评价系统

中图分类号 U293.6; F530.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.07.014

Research on Evaluation of Urban Rail Transit Passenger Satisfaction Based on Intuitionistic Fuzzy Entropy

WANG Fei, TAN Zheng, ZHANG Jinchuan, ZHANG Rongxian

Abstract In order to evaluate the urban rail transit passenger satisfaction and perception objectively and reasonably, the evaluation system is constructed from six dimensions of safety, timeliness, convenience, economy, comfort and service. Using retention questionnaire and network survey method, the urban rail transit passenger satisfaction questionnaire survey is carried out 3 times. Using intuitionistic fuzzy set three-dimensional presentation to depict the attribute information of evaluation language, psychological characteristics of satisfaction, complaint, and hesitation in the process of passenger decision-making are described. Furthermore, the index weight can be

solved by intuitionistic fuzzy entropy, and the score function and exact function is obtained from calculation model rectification, and the evaluation results ranking of urban rail transit passenger comprehensive satisfaction degree and index satisfaction degree is realized. The practical experience of Zhengzhou Rail Transit Line 1 has proven that the method has fully considered the influence of hesitation information on evaluation decision-making, and the result is credible and reasonable.

Key words urban rail transit; passenger satisfaction; intuitionistic fuzzy entropy; evaluation system

First-author's address School of Architecture, Nanyang Institute of Technology, 473004, Nanyang, China

乘客对乘坐城市轨道交通出行的安全性、经济性、服务水平等的需求日益提升^[1]。乘客满意度可以理解为将出行的服务与期望进行对比后,乘客满意与否的一种主体情感反映。文献[2]采用梯形模糊集合与 Choquet 积分相结合的方法,对城市轨道交通乘客满意度进行评价分析。文献[3]基于 ACSI 模型对陕西省交通服务的乘客满意度进行测评,得到该省交通服务的乘客满意度测评值,但评价结果具有一定的主观性。目前多数学者更倾向于采用主观经验或文献资料对乘客满意度进行量化分析,此类分析方法不够客观全面^[4],难以适应复杂多变的城市轨道交通乘客满意度的评价需求。

GB/T 36953.3—2018《城市公共交通乘客满意度评价方法 第3部分:城市轨道交通》明确指出:关于城市轨道交通乘客满意度的分析与评价,建议采用相对模糊的设计方法来表征,且评价方法宜简洁且具有较强的可靠性与可拓展性,在指标赋权上尽可能避免主观因素干扰。鉴于此,为有效刻画与描

* 河南省科技攻关项目(202102310246);河南省高等学校重点科研项目(20A560017);河南省档案科技项目计划(2021-R-20);河南省示范校建设专项研究项目(SFX202117);南阳理工学院交叉学科项目(520022)

述城市轨道交通乘客满意度及其属性信息,充分考虑乘客在满意度测评过程中的满意度、抱怨度与犹豫度等心理特征^[5-6],本文构建了城市轨道交通乘客满意度评价系统,并采用直觉模糊熵确定评价指标的模糊熵值和权重值,利用直觉模糊集三维表示形式刻画测评语言属性信息,实现了对城市轨道交通乘客综合满意度和指标满意度的排序测评。郑州轨道交通 1 号线实证结果验证了该方法的可信性和有效性。

1 基于直觉模糊熵的城市轨道交通乘客满意度评价

1.1 城市轨道交通乘客满意度指标评价系统

城市轨道交通乘客满意度评价应涵盖票务、服务、行车与安全等多维度评价指标集。本文基于文献研究及深度访谈法,通过社会科学统计软件包(SPSS)聚类分析和因子分析,筛选出了具有代表性、独立性与易于区分的城市轨道交通乘客满意度评价指标,构建了城市轨道交通乘客满意度评价系统,如图 1 所示。图中: x_1, x_2, \dots, x_{11} 均为该系统二级满意度直觉评价指标。

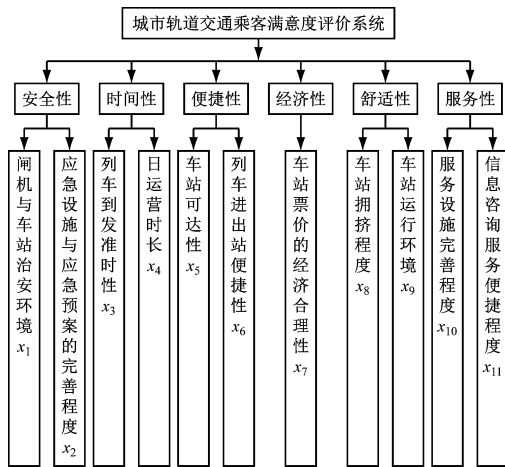


图 1 城市轨道交通乘客满意度评价系统

Fig. 1 Evaluation system of urban rail transit passenger satisfaction

1.2 城市轨道交通乘客满意度评价理论

设城市轨道交通乘客满意度评价系统 X 是一个非空集合, x_i 为城市轨道交通乘客满意度二级评价指标的直觉评价价值,其中: $i=1, 2, \dots, n$ (n 为自然数序列值)。令 $s_{IF}(A) = \{ \langle x_i, \mu_A(x_i), \gamma_A(x_i) \rangle \mid x_i \in X \}$ 为 X 上的直觉模糊集,其中: $\mu_A(x_i), \gamma_A(x_i)$ 分别是 $s_{IF}(A)$ 对 X 的隶属函数和非隶属函数,且满

足 $\forall x_i \in X, \mu_A(x_i) \in [0, 1], \gamma_A(x_i) \in [0, 1]$ 。若直觉模糊集函数 $s_{IF}(X)$ 满足 $0 \leq \mu_A(x_i) + \gamma_A(x_i) \leq 1$ ($x_i \in X$), 映射 $E = s_{IF}(X) \rightarrow [0, 1]$ 为直觉模糊集的熵。设 d 为直觉模糊集的距离测度,对于 $\forall A \in s_{IF}(X)$, 定义 $e(A) = 1 - d(A, A_c)$, 其中: A_c 为 A 的补集,可称 $e(A)$ 为 $s_{IF}(X)$ 的模糊熵。

令 $s_{IF}(B) = \{ \langle x_i, \mu_B(x_i), \gamma_B(x_i) \rangle \mid x_i \in X \}$ 为 X 上的直觉模糊集,其中: $\mu_B(x_i), \gamma_B(x_i)$ 分别是 $s_{IF}(B)$ 对 X 的隶属函数和非隶属函数,且同样满足 $\forall x_i \in X, \mu_B(x_i) \in [0, 1], \gamma_B(x_i) \in [0, 1]$ 。则论域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 上的直觉模糊集分别可以表示为: $A = \sum_{i=1}^n [\mu_A(x_i), \gamma_A(x_i)] / x_i, B = \sum_{i=1}^n [\mu_B(x_i), \gamma_B(x_i)] / x_i$, 其中 u_n 为模糊集子集。设 λ 为直觉模糊集 A, B 进行数乘运算的常数,则有:

$$A + B = [\mu_A(x_i) + \mu_B(x_i) - \mu_A(x_i)\mu_B(x_i), \gamma_A(x_i)\gamma_B(x_i)] \quad (1)$$

$$\lambda A = \{1 - [1 - \mu_A(x_i)^\lambda, \gamma_A(x_i)^\lambda]\}, \lambda > 0 \quad (2)$$

直觉模糊集 A 与 B 的平均直觉模糊集 \bar{C} 为

$$\bar{C} = \frac{1}{2}(A + B) = [\mu_{\bar{X}}(x_i), \gamma_{\bar{X}}(x_i)] \quad (3)$$

式中:

$\mu_{\bar{X}}(x_i), \gamma_{\bar{X}}(x_i)$ ——分别表示在满意度评价系统 X 的平均直觉隶属函数、非隶属函数。

令论域 U 上的直觉模糊集为 $A = [\mu_A(x_i), \gamma_A(x_i)]$, x_i 对于直觉模糊集 A 的隶属特征可以用三维形式表示: $[\mu_A(x_i), \gamma_A(x_i), \pi_A(x_i)]$, 其中: $\pi_A(x_i)$ 为 A 的犹豫度函数,用以刻画 x_i 的属性信息; $\mu_A(x_i), \gamma_A(x_i), \pi_A(x_i)$ 分别代表决策模型的支持、反对与犹豫的比例程度,则 x_i 对于直觉模糊集 A 隶属度的三维表示为 $\{\mu_A(x_i) + \mu_A(x_i)\pi_A(x_i), \gamma_A(x_i) + \gamma_A(x_i)\pi_A(x_i), [\pi_A(x_i)]^2\}$ 。

定义直觉模糊集 A 的精确函数为 $H(A) = \mu_A(x_i) + \gamma_A(x_i)$, 其中: $H(A) \in [0, 1]$ 。利用直觉模糊集运算法则,可将其转化为:

$$H(A) = [\mu_A(x_i) + \mu_A(x_i)\pi_A(x_i)] + [(\gamma_A(x_i) + \gamma_A(x_i)\pi_A(x_i))] \quad (4)$$

定义直觉模糊集 A 与 B 的得分函数分别为 $S(A) = \mu_A(x_i) - \gamma_A(x_i)$, $S(B) = \mu_B(x_i) - \gamma_B(x_i)$, 其中: $S(A) \in [-1, 1], S(B) \in [-1, 1]$ 。利用直觉模糊集运算法则,可将其转化为:

$$S(A) = [\mu_A(x_i) + \gamma_A(x_i)\pi_A(x_i)] - [(\gamma_A(x_i) + \gamma_A(x_i)\pi_A(x_i))] \quad (5)$$

$$S(B) = [\mu_B(x_i) + \gamma_B(x_i)\pi_B(x_i)] - [(\gamma_B(x_i) + \gamma_B(x_i)\pi_B(x_i))] \quad (6)$$

因此,可对直觉模糊集 A 与 B 的序关系进行定义:若 $S(A) \geq S(B)$,可记为 $A \geq B$,反之亦然。

设第 i 项评价指标的熵权值为 ω_i ,且满足: $\omega_i \in [0,1]$, $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 。乘客满意度问卷调查次数为 j , $j = 1, 2, \dots, m$ (m 为自然数序列值)。 $\mu_{ij}(x_i)$ 、 $\gamma_{ij}(x_i)$ 、 $\pi_{ij}(x_i)$ 分别是第 j 次问卷调查中针对第 i 项评价指标的隶属函数、非隶属函数和犹豫度函数。则评价指标的模糊熵值 E_i 和熵权值 ω_i 的计算式为:

$$E_i = \frac{1}{2m \ln 3} \sum_{j=1}^m [\mu_{ij}(x_i) \ln \mu_{ij}(x_i) + \gamma_{ij}(x_i) \ln \gamma_{ij}(x_i) + \pi_{ij}(x_i) \ln \pi_{ij}(x_i)] \quad (7)$$

$$\omega_i = (1 - E_i) / \sum_{i=1}^n (1 - E_i) \quad (8)$$

1.3 城市轨道交通乘客综合满意度评价步骤

步骤1:根据三次综合满意度问卷调查结果 x_{ij} (x_{ij} 为第 i 项评价指标在第 j 次问卷调查中的直觉评价价值),组成的直觉模糊决策矩阵 $\mathbf{M} = (x_{ij})_{n \times m}$,利用式(7)和式(8)求出评价指标的 E_i 和 ω_i 。

步骤2:利用式(9)对 \mathbf{M} 加权处理,得到加权矩阵 \mathbf{R} ,其中 $\omega_i x_{ij}$ 依据数乘公式(2)求解:

$$\mathbf{R} = (x_{ij})_{n \times m} = (\omega_i x_{ij})_{n \times m} \quad (9)$$

步骤3:利用式(1)对加权矩阵 \mathbf{R} 进行集结,可得第 t 次集结的综合满意度综合测评值:

$$X_t = (\mu_t, \gamma_t) \quad (10)$$

式中:

μ_t, γ_t ——分别为经过 t 次集结的综合满意测评值区间范围值, $t = 1, 2, \dots, n$ 。

步骤4:采用式(4)~(6)分别求得 X_t 的精确函数与得分函数,并进行序关系对比。

步骤5:依据 X_t 得分函数的序关系对城市轨道交通乘客综合满意度进行排序择优。

1.4 城市轨道交通乘客指标满意度评价步骤

步骤6:对于步骤1构建的直觉模糊决策矩阵 \mathbf{M} ,利用式(3)求解出第 i 项指标平均直觉评价价值 $\bar{x}_i = (\mu_i, \gamma_i)$,其中: μ_i, γ_i 分别为第 i 项指标的满意测评值区间范围值。

步骤7:采用式(4)~(6)分别求出 \bar{x}_i 的得分函数,并进行序关系对比。

步骤8:根据 \bar{x}_i 的得分函数的序关系对城市轨道交通乘客指标满意度进行排序择优。

2 实证分析

本文以郑州轨道交通1号线一期工程为例进行城市轨道交通乘客满意度评价实证分析。郑州轨道交通1号线一期工程于2013年开通运营,该线全长41.4 km,共有30座车站(其中含14座换乘站),这些车站均为地下车站。该线的运营时间为06:00—23:00,最小行车间隔为3 min,单日最大客流量为130万人次。该线的客运服务设施主要包括公共设施与安检装置等。郑州轨道交通1号线具有典型城市轨道交通线路的特征,如运营线路长度较长、日运营时长较长、车站较多、日客流量较大,故选取该线路进行实证分析。

2.1 城市轨道交通乘客满意度问卷调查统计检验

本次问卷调查方法采取以留置问卷调查为主、网上调查法为辅的方式展开,共进行3次城市轨道交通乘客满意度的问卷调查。其中:留置问卷调查发放问卷数共计400份,有效回收367份,回收率为91.75%;网上调查法发布问卷数100份,有效回收问卷86份,回收率为86%,均满足要求。本文利用Cronbach's alpha系数进行信度检验,其中:满意度评价的一致性系数大于0.8,整体一致性系数大于0.9,这表明本次问卷调查的整体信度较高。此外,本次调查的效度检验值达0.918,显著度值小于0.01,决策指标共同值均大于0.4,这说明决策指标对满意度影响显著,调查的可信度与有效性较高,满足统计要求。

2.2 模型计算分析

据上述分析,本文问卷结构设计包括被调查乘客的信息和综合满意度评价。其中:城市轨道交通乘客满意度指乘客对服务的感知认可度;城市轨道交通乘客抱怨度指乘客对服务的感知厌烦度;城市轨道交通乘客犹豫度指乘客对服务的感知模糊度。这三者均以直觉模糊区间信息来表征。令满意度、抱怨度及犹豫度分别表示城市轨道交通乘客综合满意度的隶属度函数、非隶属度函数与犹豫度函数,则3次问卷调查满意度评价指标的决策属性如表1所示。

步骤1:根据表1所构建决策矩阵 \mathbf{M} 。首先利用式(7)求得模糊熵值 E_i 分别为: $E_1 = 0.4438$, $E_2 = 0.4389$, $E_3 = 0.4551$, $E_4 = 0.4168$, $E_5 = 0.4257$, $E_6 = 0.4127$, $E_7 = 0.3932$, $E_8 = 0.4866$, $E_9 = 0.4458$, $E_{10} = 0.4472$, $E_{11} = 0.4575$ 。采用

表 1 城市轨道交通乘客满意度评价指标决策属性
Tab.1 Decision-making attribute of urban rail transit passenger satisfaction evaluation index

满意度直觉评价指标	满意度直觉评价价值		
	第 1 次调查问卷	第 2 次调查问卷	第 3 次调查问卷
x_1	(0.28,0.52)	(0.19,0.48)	(0.42,0.52)
x_2	(0.54,0.42)	(0.38,0.42)	(0.36,0.48)
x_3	(0.60,0.32)	(0.26,0.48)	(0.24,0.42)
x_4	(0.33,0.50)	(0.38,0.52)	(0.41,0.56)
x_5	(0.38,0.22)	(0.50,0.42)	(0.68,0.22)
x_6	(0.60,0.18)	(0.38,0.55)	(0.40,0.53)
x_7	(0.30,0.64)	(0.40,0.46)	(0.48,0.50)
x_8	(0.26,0.44)	(0.38,0.40)	(0.39,0.22)
x_9	(0.52,0.36)	(0.23,0.50)	(0.38,0.52)
x_{10}	(0.14,0.62)	(0.18,0.32)	(0.50,0.33)
x_{11}	(0.34,0.50)	(0.44,0.34)	(0.60,0.22)

式(8)求得熵权值 ω_i 分别为: $\omega_1=0.091\ 2$, $\omega_2=0.090\ 9$, $\omega_3=0.092\ 0$, $\omega_4=0.089\ 5$, $\omega_5=0.090\ 1$, $\omega_6=0.089\ 3$, $\omega_7=0.088\ 0$, $\omega_8=0.094\ 0$, $\omega_9=0.091\ 3$, $\omega_{10}=0.091\ 5$, $\omega_{11}=0.092\ 1$ 。

步骤 2:利用式(9)对决策矩阵 M 进行加权处理,得到满意度评价的加权决策矩阵属性,如表 2 所示。进而由表 2 得到加权矩阵 R 。

表 2 城市轨道交通乘客满意度评价的加权决策矩阵属性
Tab.2 Weighted decision-making matrix attribute of urban rail transit passenger satisfaction evaluation

满意度直觉评价指标	对 M 进行加权处理后的满意度直觉评价价值		
	第 1 次调查问卷	第 2 次调查问卷	第 3 次调查问卷
x_1	[0.029,0.942]	[0.019,0.935]	[0.048,0.942]
x_2	[0.068,0.942]	[0.042,0.924]	[0.039,0.935]
x_3	[0.080,0.900]	[0.027,0.934]	[0.024,0.923]
x_4	[0.035,0.939]	[0.041,0.943]	[0.046,0.949]
x_5	[0.042,0.872]	[0.060,0.924]	[0.097,0.872]
x_6	[0.078,0.858]	[0.041,0.948]	[0.044,0.944]
x_7	[0.030,0.961]	[0.043,0.933]	[0.055,0.940]
x_8	[0.027,0.925]	[0.043,0.917]	[0.045,0.867]
x_9	[0.064,0.910]	[0.023,0.938]	[0.042,0.942]
x_{10}	[0.013,0.957]	[0.017,0.901]	[0.061,0.903]
x_{11}	[0.037,0.938]	[0.052,0.905]	[0.080,0.869]

步骤 3:利用式(10)可得 3 次集结信息的满意度综合测评值 X_i 分别为: $X_1=(0.408\ 0,0.401\ 6)$,

$X_2=(0.345\ 3,0.438\ 3)$, $X_3=(0.454\ 7,0.384\ 7)$ 。

步骤 4:采用式(4)求得满意度综合测评值 X_i 的精确函数值分别为: $H(X_1)=0.958\ 5$, $H(X_2)=1.026\ 1$, $H(X_3)=0.915\ 4$ 。

采用式(6)求得满意度综合测评值 X_i 的得分函数值分别为: $S(X_1)=0.007\ 6$, $S(X_2)=-0.121\ 7$, $S(X_3)=0.076\ 3$ 。

步骤 5:依据 X_i 得分函数的序关系对问卷调查方案进行城市轨道交通乘客综合满意度排序,排序结果为:第 3 次问卷调查综合满意度测评结果最为满意,第 1 次问卷调查测评结果次之,第 2 次问卷调查测评结果抱怨度最大,说明此次问卷调查,乘客对于该线路综合满意度感受最差。

基于上述分析,绘制出乘客满意度、乘客抱怨度与测评者基于直觉模糊集的综合满意度在 3 次问卷调查的变化趋势如图 2 所示。由图 2 可见:3 次问卷调查测评满意度趋势总体呈上升势态,这表明乘客对城市轨道交通的总体要求明显升高;虽然第 2 次问卷的测评值比第 1 次问卷的测评值大幅度升高,但与第 1 次问卷的测评值相比,第 2 次问卷的测评值的总体抱怨度依然呈现下降趋势;测评者基于直觉模糊集信息属性的综合满意程度呈上升趋势,这说明大部分乘客对城市轨道交通提供的服务总体较为满意。

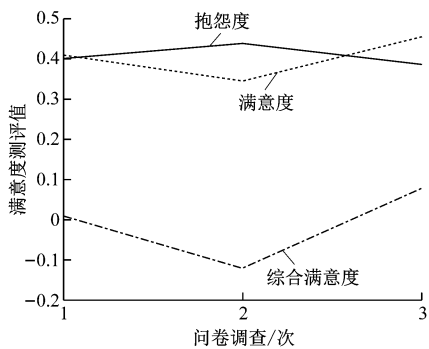


图 2 城市轨道交通乘客满意度测评结果
Fig.2 Evaluation result of urban rail transit passenger satisfaction

步骤 6:经式(3)求解各评价指标的平均直觉评价价值,其结果分别为: $\bar{x}_1=(0.301\ 6,0.506\ 4)$, $\bar{x}_2=(0.431\ 2,0.439\ 3)$, $\bar{x}_3=(0.384\ 9,0.402\ 5)$, $\bar{x}_4=(0.374\ 0,0.526\ 2)$, $\bar{x}_5=(0.532\ 6,0.276\ 0)$, $\bar{x}_6=(0.467\ 4,0.387\ 8)$, $\bar{x}_7=(0.396\ 7,0.529\ 3)$, $\bar{x}_8=(0.345\ 3,0.342\ 4)$, $\bar{x}_9=(0.385\ 2,0.455\ 6)$, $\bar{x}_{10}=(0.288\ 1,0.407\ 6)$, $\bar{x}_{11}=(0.468\ 3,0.339\ 2)$ 。

步骤 7:采用式(6)求出各评价指标的得分函数值,分别为: $S(\bar{x}_1) = -0.244\ 2$, $S(\bar{x}_2) = -0.009\ 2$, $S(\bar{x}_3) = -0.021\ 4$, $S(\bar{x}_4) = -0.167\ 4$, $S(\bar{x}_5) = 0.305\ 7$, $S(\bar{x}_6) = 0.091\ 1$, $S(\bar{x}_7) = -0.142\ 4$, $S(\bar{x}_8) = 0.003\ 7$, $S(\bar{x}_9) = -0.081\ 6$, $S(\bar{x}_{10}) = -0.155\ 9$, $S(\bar{x}_{11}) = 0.154\ 0$ 。

步骤 8:根据 \bar{x}_i 得分函数的序关系对满意度排序,评价结果如下: $S(\bar{x}_5) > S(\bar{x}_{11}) > S(\bar{x}_6) > S(\bar{x}_8) > S(\bar{x}_2) > S(\bar{x}_3) > S(\bar{x}_9) > S(\bar{x}_7) > S(\bar{x}_{10}) > S(\bar{x}_4) > S(\bar{x}_1)$ 。

本文采用直觉模糊熵方法得到的评价结果与模糊多属性决策方法^[5]、直觉区间模糊集法^[6]评价结果一致,结果均为第 3 次问卷调查综合满意度测评结果最为满意,第 1 次问卷调查测评结果次之,第 2 次问卷调查测评结果抱怨度最大,说明乘客对于该线路在出行导向、服务态度及出行安全等方面存在较多意见,三种不同类型的城市轨道交通乘客满意度评价方法及测评结果对比,详见表 3。本文满意度评价过程中的满意度及犹豫度评价指标集,是通过筛选与考虑乘客认知的调查信息获得,还可伴随乘客的感知动态变化调整,具有较强的实用性与可拓展性;既适用于城市公共交通国标征求意见稿的满意度测评研究工作,也满足城市轨道交通服务全面质量提升的需求。

表 3 不同城市轨道交通乘客满意度评价方法的测评结果对比表

调查问卷	不同评价方法的城市轨道交通乘客满意度测评结果		
	模糊多属性决策法	直觉区间模糊集法	直觉模糊熵法
第 1 次调查问卷	0.413 7	0.328 1	0.007 6
第 2 次调查问卷	0.270 1	0.336 2	-0.121 7
第 3 次调查问卷	0.540 5	0.345 0	0.076 3

综上所述可知,乘客对于城市轨道交通评价指标整体满意度偏低,说明该线路的服务水平虽然满足乘客基本出行需求,但在安全性与服务性等方面仍存在较大的改进空间。进一步对比可知:乘客对于城市轨道交通可达性较为满意,这说明该线路的运营里程较长,停靠的站点较多,基本覆盖了重要交通枢纽点,满足了乘客的出行需求;乘客抱怨度

最大的为城市轨道交通的安全性,主要体现在城市轨道交通闸机与车站治安环境方面,故建议在郑州轨道交通日常运营管理中应加强安全管理,进一步规范安全应急预案与安全运行机制。

3 结语

本文构建了城市轨道交通乘客满意度评价体系,并利用直觉模糊集三维形式刻画属性信息,采用直觉模糊熵求解模糊熵值和熵权值,通过对得分函数与精确函数的序关系对比,实现综合满意度与指标满意度两个层面的城市轨道交通乘客满意度实证分析。乘客满意度作为城市轨道交通服务质量的重要体现,若能有效量化出不同类型乘客与其对城市轨道交通满意度之间的关系,则可更好地提高城市轨道交通的管理水平与服务质量。

参考文献

[1] 李林波,郭晓凡,傅佳楠,等. 基于云模型的城市轨道交通乘客满意度评价[J]. 同济大学(自然科学版),2019(3):378.
LI Linbo, GUO Xiaofan, FU Jia'nan, et al. Evaluation approach of passenger satisfaction for urban rail transit based on cloud model [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2019(3): 378.

[2] AYDIN N, CELIK E, GUMUS A T. A hierarchical customer satisfaction framework for evaluating rail transit systems of Istanbul [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 2015, 77:61.

[3] 张方,常伟,梁毅. 基于 ACSI 模型的陕西公共交通满意度问题研究[J]. 陕西行政学院学报,2009(3): 107.
ZHANG Fang, CHANG Wei, LIANG Yi. Research on public transport sector customer satisfaction based on ACSI model [J]. Journal of Shaanxi Administration School, 2009(3):107.

[4] 肖娟,李枫. 基于偏最小二乘法的城轨交通乘客满意度测评方法[J]. 城市轨道交通研究,2011(7): 56.
XIAO Juan, LI Feng. Assessment on passengers' satisfaction about urban rail transit based on PLS [J]. Urban Mass Transit, 2011(7): 56.

[5] 徐颖,黄天民. 基于直觉模糊熵的多属性决策方法[J]. 云南民族大学学报,2019(2): 151.
XU Ying, HUANG Tianmin. Multi-attribute decision-making method based on intuitionistic fuzzy entropy [J]. Journal of Yunnan Minzu University, 2019(2):151.

[6] WEI C P, WANG P, ZHANG Y Z. Entropy, similarity measure of interval-valued intuitionistic fuzzy sets and their applications[J]. Information Sciences, 2011,181:4273.

(收稿日期:2020-07-07)