

# Quality Evaluation of Public Transport Service Based on AHP-Extensible Matter Element

Dan Zhou<sup>1</sup>, Panyue Qin<sup>1</sup>, Wenyong Li<sup>1,2</sup>, Hongzhuan Zhao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Architecture and Transportation Engineering, Guilin University of Electronic Technology Guilin, Guilin Guangxi

<sup>2</sup>Guangxi Transport Vocational and Technical College, Nanning Guangxi  
Email: zhoudan\_5460@126.com

Received: May 4<sup>th</sup>, 2020; accepted: May 15<sup>th</sup>, 2020; published: May 22<sup>nd</sup>, 2020

---

## Abstract

Evaluation of public transport service quality is one of the important links to effectively improve the attractiveness of urban ground public transportation. In this paper, a bus service quality evaluation method based on AHP-extension matter element was proposed. According to the hierarchical analysis of urban road bus service quality indicators, three levels of line network planning, route layout and operation services were selected as the criterion layer; 8 main evaluation indicators were selected as the indicator layer. And the service quality evaluation indicator system was established. Using analytic hierarchy process and expert survey method, the weights of the criterion layer and the indicator layer were determined. Then, using the idea of extension matter element, the quality of public transportation service was evaluated. Finally, Guilin is taken as an example to evaluate service quality. The comprehensive evaluation level of the public transport service quality in Guilin has been third. The three criteria layers for line network planning, route layout and operation services have been second, second and third. Then, fuzzy comprehensive evaluation is used to verify the results and determine the reliability of the results. According to the evaluation results, it can be seen that the quality of public transportation services in Guilin is average and needs further improvement. And according to the evaluation level of each criterion layer, we can focus on optimization from the aspect of operation service.

## Keywords

Public Transportation, Service Quality, Analytic Hierarchy Process, Extenics

---

# 基于AHP-可拓物元公交服务质量评价

周 旦<sup>1</sup>, 覃攀越<sup>1</sup>, 李文勇<sup>1,2</sup>, 赵红专<sup>1</sup>

<sup>1</sup>桂林电子科技大学建筑与交通工程学院, 广西 桂林

<sup>2</sup>广西交通职业技术学院, 广西 南宁

Email: zhoudan\_5460@126.com

收稿日期: 2020年5月4日; 录用日期: 2020年5月15日; 发布日期: 2020年5月22日

## 摘要

公交服务质量评价是有效提高城市地面公共交通吸引力的重要环节之一。本文提出了基于层次分析(AHP)-可拓物元的公交服务质量评价方法。根据对城市道路公交服务质量指标的层次分析研究,选取线网规划、线路布设和运营服务三个方面作为准则层,选取8个主要评价指标作为指标层,建立服务质量评价指标体系。采用层次分析法和专家调查法确定准则层和指标层的权重,并运用可拓物元的思路对公交服务质量进行评价。以桂林市为例进行公交服务质量评价,得到桂林市公交服务质量综合评价等级为三级。其中准则层线网规划、线路布设和运营服务三个层次的等级分别为二级、二级和三级。然后运用模糊综合评价对其结果进行相关验证,确定其结果的可靠性。根据评价结果可以看出:桂林市公交服务质量一般,有待进一步提高,且根据各准则层的评价等级得出,可以从运营服务方面重点着手优化。

## 关键词

公共交通, 服务质量, 层次分析法, 可拓学

Copyright © 2020 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

由于中国经济的快速发展,导致了交通拥堵问题日趋严重,公共交通需求急速增加。为了应对日益突出的城市交通问题,我国正式制定了优先发展城市公共交通的指导方针,国内外对公交服务质量评价的研究日趋火热,为公共交通的发展和优化提供了一定的积极作用。

国外的公共交通起步较早,对公交的服务质量评价的研究已经达到了一定的成熟度。比较具有代表性的有:Friman从乘客满意度角度出发,建立了乘客满意度的评价体系,并进行了城市公交服务评价分析[1]。Chung-Hsing Yeh则是跳出独有思维,不在局限于只考虑乘客本身,综合考虑了乘客感知、企业运营、社会责任多方面,建立了综合评价体系,并对多家公交企业的发展进行横向评价[2]。并且已经将公交服务质量的研究运用于实际公共系统中,为公共交通的发展提供帮助。比如:美国利用先进的电子通讯技术,以及日本开发了一种集成的城市公交综合运输控制系统[2]。

由于国内的公共交通发展相对较晚,至2013年正式制定了优先发展城市公共交通的指导方针,国内外对公交服务质量评价的研究才日趋火热。研究的方向主要是两方面,一种是从服务质量评级的指标选取方向着手,比较具有代表性的有:杨晓光等运用调查分析得到的数据,建立了以价值、能耗、信息行为系统的公交服务质量评价体系[3]。裴玉龙等从提高公共交通服务水平方向出发,认为线网布局及线路布设更为重要,选择了诸如线网密度、公交站点覆盖率、非直线系数等指标[4]等;另一种是从评价方法着手:如王炜运用模糊聚类分析将GIS技术引入服务质量评价,运用定性加定量相结合的方法,对公交

服务水平进行评价[5]。

从国内外的文献中可以看出,目前运用较多的方法主要有:层次分析法、专家咨询法、模糊评价法、可拓综合评价等方法[6] [7] [8] [9]。现阶段通常将专家咨询法和层次分析法相结合,运用标度法进行服务质量评价权重的确定[10]。

本文综合考虑各方法特点,选择将层次分析法与可拓物元相结合进行公交服务质量评价研究,运用层次分析法和专家调查法确定指标权重,然后运用可拓物元的思想进行公交服务质量评价。结合层次分析法可以得到各个层次的服务质量评价等级,能够针对公交系统进行优化。结合可拓综合评价的优点,可排除人为因素对分析、评定或预测结果的干扰。

## 2. 服务质量评价方法

### 2.1. 层次分析法

层次分析法可将复杂问题分解细化,一般常用于用于各行业评价指标权重的求值,本文可运用于公交服务质量评价指标权重的,其具体步骤如下[11]:

#### 1) 递阶层次结构的建立

针对问题进行分解三类层次,从高层次到低层次依次为:目标层、准则层和措施层。

#### 2) 建立两两相比较的判断矩阵

将各个指标因素之间的程度两两比较,构造判断矩阵  $B$ ,并计算出矩阵  $B$  的特征根和特征向量。

$$BW = \eta_{\max} w \quad (1)$$

#### 3) 运用公式进行单排序权向量的一致性检验

$$CI = \frac{\eta_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

当  $CR < 0.1$  时,一致性可行。

#### 4) 总排序权向量的一致性检验

$$\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p a_j b_i^j = 1 \quad (4)$$

$$CI = \sum_{j=1}^p a_j CI_j \quad (5)$$

$$RI = \sum_{j=1}^p a_j RI_j \quad (6)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

当  $CR < 0.1$  时,判断矩阵的一致性可行。否则,需要对矩阵  $B$  进行适当调整,直到满足条件。

### 2.2. 可拓物元法

可拓学用形式化模型研究事物拓展的可能性和开拓创新的规律与方法,并用于解决矛盾问题的科学。通过分析物元结构和相互关系,利用物元可拓分析理论将评价对象的指标由矛盾性转化为相容性。由于在公交服务质量评价中,评价指标的选取、指标权重的衡量以及相关指标数据的收集整理中都会存在着不同程度的矛盾,而矛盾恰好是可拓学研究解决的中心问题。由此可见较为适合用于公交服务质量评价。

其具体步骤如下:

1) 确定物元

将评价系统的等级极事物  $N$ , 评价系统有  $n$  个特征, 其对应的量值为  $x_i$ , 其矩阵表达式为:

$$R = \begin{bmatrix} N & c_1 & x_1 \\ & c_2 & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & x_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

2) 确定经典率

经典域为各等级关于对应特质索取的数值范围。

$$R = \begin{bmatrix} N_j & c_1 & x_{j1} \\ & c_2 & x_{j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & x_{jn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_j & c_1 & \langle a_{j1}, b_{j1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{j2}, b_{j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & \langle a_{jn}, b_{jn} \rangle \end{bmatrix} \quad (9)$$

3) 确定节域

$$R_p = (P, c_i, x_{pi}) = \begin{bmatrix} P & c_1 & x_{p1} \\ & c_2 & x_{p2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & x_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_j & c_1 & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{bmatrix} \quad (10)$$

4) 确定关联函数

$$K_j(x_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(x_i, x_{ji})}{|x_{ji}|} & x_i \notin x_{ji} \\ \frac{\rho(x_i, x_{ji})}{\rho(x_i, x_{pi}) - \rho(x_i, x_{ji})} & x_i \in x_{ji} \end{cases} \quad (11)$$

$$\rho(x_i, x_{ji}) = \left| x_i - \frac{a_{ji} + b_{ji}}{2} \right| - \frac{b_{ji} - a_{ji}}{2} \quad (12)$$

$$\rho(x_i, x_{pi}) = \left| x_i - \frac{a_{pi} + b_{pi}}{2} \right| - \frac{b_{pi} - a_{pi}}{2} \quad (13)$$

5) 确定权重系数

6) 确定关联度评价等级

$$k_j(P_0) = \sum_{i=1}^n w_{ij} k_j(x_i) \quad (14)$$

$$K_j = \max k_j(P_0) \quad (15)$$

则可得出评级最终等级。

### 3. 公交服务质量评价指标体系

#### 3.1. 评价指标选取

建立公交服务质量指标体系时,借鉴其他学者的研究成果[12] [13],制定了以下三点原则:即指标数量适宜、指标范围全面和得到数据有效。

总之,指标的选取,需尽量选取日常统计中容易获取、能够全面反映线网问题、易量化、易分析计算的指标。

依据国家制定的《城市道路交通设计规范》和国内主要省市公交线网指标体系的设立标准,结合城市对公交线网的发展需求和相关原则,从路网规划、线网布设和运营服务三个层次,构建服务质量评价体系,具体评价指标体系层次结构如表 1 所示。

**Table 1.** Evaluation index system of public transport service quality

**表 1.** 公交服务质量评价指标体系

目标层	准则层	符号	指标层	符号
服务质量评价指标体系	路网规划	$B_1$	300 m 站点覆盖率	$C_{11}$
			线网密度	$C_{12}$
			公交车专用道长度比例	$C_{13}$
	线网布设	$B_2$	重复系数	$C_{14}$
			非直线系数	$C_{21}$
			高峰满载率	$C_{22}$
			发车间隔	$C_{31}$
			运营服务	$B_3$

#### 3.2. 基于 AHP 确定评价指标的权重

选用专家调查法,确定各指标相对应的权重。具体实施步骤如下[11]:

一、确定调查目标,选定调查问题。在选取问题是需要说明背景,并确保问题明确易懂。

二、确定调查对象,在调查问题知识范围内,选择有一定专业基础的专家,根据问题的复杂程度,确定专家个数,一般在 2~50 人为宜。

三、调查过程中,要各专家不得互相联系商讨。在联系专家并提供问卷后,搜集专家意见,并对数据进行对比,并将处理好的数据重新发给各个专家,让他们比较自己与他人的不同,进行相应的修改和判断。然后收集所有修改意见并汇总。然后进行上一步,直到专家不再修改意见为止。最后汇总各专家意见并进行综合处理,得到最终结果。

综上,这样得到的结果较为科学可靠。

对于此次指标权重的调查,选取了 10 位专家组成评判小组,均来自于桂林市公安交警支队以及桂林市规划设计院等单位。最后根据数字 1~9 及其倒数标度法,对准则层、指标层的各指标重要程度进行赋值。

在评价指标权重的确定过程中,各指标的判断矩阵通过专家调查得到,首先根据准则层的重要程度确定准则层权重,然后运用同样的方法确定各指标层权重。

##### 3.2.1. 准则层权重确定

根据专家调查法得出的调查结果按照 1.1 中介绍的方法步骤进行计算,得到目标层指标权重值。10

位专家得到 10 组判断矩阵。对每一组判断矩阵计算对应权重,最后求其平均值,得到评价指标的最终权重。

根据 2.1 的计算过程,整理得到相关权重值为表 2,通过求平均值得到最终权重为表 3。

**Table 2.** Summary table of weights at criterion level

**表 2.** 准则层权重汇总表

	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	专家 6	专家 7	专家 8	专家 9	专家 10	最终权重
$B_1$	0.167	0.121	0.248	0.395	0.432	0.281	0.474	0.218	0.364	0.358	0.306
$B_2$	0.500	0.535	0.611	0.263	0.251	0.395	0.395	0.633	0.425	0.524	0.453
$B_3$	0.333	0.344	0.141	0.342	0.317	0.324	0.131	0.16	0.211	0.118	0.242

### 3.2.2. 指标层权重确定

根据准则层权重确定的方法,得到各指标层的权重值。

**Table 3.** Index layer weight summary table

**表 3.** 指标层权重汇总表

	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	专家 6	专家 7	专家 8	专家 9	专家 10	最终权重
$C_{11}$	0.375	0.38	0.403	0.251	0.321	0.341	0.364	0.452	0.365	0.281	0.353
$C_{12}$	0.375	0.38	0.278	0.348	0.308	0.225	0.271	0.231	0.355	0.342	0.311
$C_{13}$	0.125	0.085	0.117	0.199	0.099	0.158	0.282	0.122	0.088	0.143	0.142
$C_{14}$	0.125	0.155	0.202	0.202	0.272	0.276	0.083	0.195	0.192	0.234	0.194
$C_{21}$	0.5	0.492	0.705	0.382	0.351	0.558	0.588	0.345	0.333	0.667	0.492
$C_{22}$	0.5	0.508	0.295	0.618	0.649	0.442	0.412	0.655	0.667	0.333	0.508
$C_{31}$	0.667	0.573	0.667	0.593	0.522	0.5	0.621	0.333	0.667	0.667	0.581
$C_{32}$	0.333	0.427	0.333	0.407	0.478	0.5	0.379	0.667	0.333	0.333	0.419

汇总得到评价指标权重值如表 4:

**Table 4.** Summary table of weights of various indicators

**表 4.** 各项指标权重汇总表

指标	权重值	指标	权重	指标	权重
路网规划	0.306	线网密度	0.311	高峰满载率	0.508
线网布设	0.453	公交车专用道比例	0.142	高峰发车间隔	0.581
运营服务	0.242	重复系数	0.194	高峰运营速度	0.419
300 m 站点覆盖率	0.353	非直线系数	0.492		

## 4. 实例应用

### 4.1. 桂林市公交线网情况

桂林市 2.78 万平方公里面积中,中心城区占 2785 平方公里,下辖秀峰、叠彩、象山、七星、雁山、临桂 6 区。目前,桂林市有临时公交线路 59 条,公交线路总长度 819.15 公里,公交线网总里程约 260 公里,市区建成区面积 98.4 平方公里,拥有公交场站 20 个,总面积 134753 平方米。桂林市个指标现状

数值如表 5。

**Table 5.** The current status of various indicators in Guilin

**表 5.** 桂林市各指标现状值

序号	指标层	现状情况
1	300 m 站点覆盖率	49.10%
2	线网密度	1.86 km/km <sup>2</sup>
3	公交车专用道长度比例	0.12
4	重复系数	2.75
5	非直线系数	1.85
6	高峰满载率	67.57%
7	高峰发车间隔	11.46 min
8	高峰运营速度	19.6 km/h

#### 4.2. 基于 AHP-可拓物元综合评价

参考其他城市的公交优先政策和已有文献的研究[11] [12] [13], 由于桂林市的地理和交通现状, 结合当地相关专家意见和桂林市公交现状, 确定以下分级标准如表 6。

**Table 6.** Suggested values of each index test interval in Guilin

**表 6.** 桂林市的各指标测试区间建议值

指标	一级	二级	三级	四级	五级
300 m 站点覆盖率(%)	≥50	[45, 50)	[40, 45)	[35, 40)	≤35
线网密度(km/km <sup>2</sup> )	≥2.5	[2.0, 2.5)	[1.8, 2.0)	[1.5, 1.8)	≤1.5
公交车专用道长度比例	≥2	[1.5, 2)	[1.0, 1.5)	[0.5, 1.0)	≤0.5
线网重复系数	[1.8, 2.5)	[2.5, 3)	[3, 3.5)	[3.5, 4)	≥4.0
非直线系数	≤1.6	[1.6, 1.8)	[1.8, 2.5)	[2.5, 2.8)	≥2.8
高峰满载率(%)	≤70	[70, 80)	[80, 90)	[90, 100)	≥100
发车间隔(min)	≤8	[8, 10)	[10, 12)	[12, 15)	≥15
高峰运营速度(km/h)	≥20	[18, 20)	[15, 18)	[13, 15)	≤13

将表 7 中的数据带入评价模型, 将表中 5 个等级, 为{一级, 二级, 三级, 四级, 五级}对应{好, 较好, 中, 较差, 差}, 则 5 个等级转化为 5 个物元。

根据 2.2 中的介绍, 得到节域、经典域和待测物元的具体值如下表:

然后, 根据待评物元与各级经典域的关系, 选取公式(11)、(12)、(13)来作为关联函数。结合 3.3 中得到的权重系数, 来确定各层次评价等级, 汇总于表 8, 得到线网规划、线路布设、运营服务三个层次的  $k_j(M)$ , 最后根据:  $K_j(M) = k_j(M) \cdot B$ , 得到  $K_j(M)$ , 根据  $K_j(M)$  的值的的大小,  $K(M)$  的值最大时对应的等级即为评价的等级。

**Table 7.** List of each index section domain, classic domain, and material element to be tested  
**表 7.** 各指标节域、经典域、待测物元一览表

指标	节域	经典域					待测物元
		一级	二级	三级	四级	五级	
$C_1$	[0, 60.0]	[50, 60]	[45, 50]	[40, 45]	[35, 40]	[0, 35]	49.1
$C_2$	[0, 3.5]	[2.5, 3.5]	[2.0, 2.5]	[1.8, 2.0]	[1.5, 1.8]	[0, 1.5]	1.86
$C_3$	[0, 3.0]	[2.0, 3.0]	[1.5, 2.0]	[1.0, 1.5]	[0.5, 1.0]	[0, 0.5]	0.12
$C_4$	[1.8, 4.5]	[1.8, 2.5]	[2.5, 3]	[3, 3.5]	[3.5, 4]	[4.0, 4.5]	2.75
$C_5$	[0, 3.0]	[0, 1.6]	[1.6, 1.8]	[1.8, 2.5]	[2.5, 2.8]	[2.8, 3.0]	1.85
$C_6$	[0, 120.0]	[0, 70]	[70, 80]	[80, 90]	[90, 100]	[100, 120]	67.57
$C_7$	[0, 20.0]	[0, 8]	[8, 10]	[10, 12]	[12, 15]	[15, 20]	11.46
$C_8$	[0, 25.0]	[20, 25]	[18, 20]	[15, 18]	[13, 15]	[0, 13]	19.6

**Table 8.** Guilin city public transport criteria index weight values and related values  
**表 8.** 桂林市公共交通准则层指标权重值及关联值

准则层	评价指标	现状值	相对权重	$K_1(X_i)$	$K_2(X_i)$	$K_3(X_i)$	$K_4(X_i)$	$K_5(X_i)$
线网规划	$C_{11}$	49.1	0.353	-0.090	0.180	-0.820	-1.820	-0.403
	$C_{12}$	1.86	0.311	-1.280	-0.280	0.700	-0.200	-0.240
	$C_{13}$	0.12	0.142	-3.760	-2.760	-1.76	-0.380	0.760
	$C_{14}$	2.75	0.194	-0.357	0.500	-0.500	-1.500	-1.250
	$k_j(M)$	—	—	-1.033	-0.318	-0.419	-1.050	-0.351
线路布设	$C_{21}$	1.85	0.492	-1.156	-0.250	0.750	-0.500	-2.250
	$C_{22}$	67.57	0.508	0.034	-0.243	-1.243	-2.243	-1.621
	$k_j(M)$	—	—	-0.551	-0.246	-0.262	-1.385	-1.930
运营服务	$C_{31}$	11.46	0.581	-0.432	-0.730	0.270	-0.180	-1.180
	$C_{32}$	19.60	0.419	-0.080	0.200	-0.533	-2.300	-0.508
	$k_j(M)$	—	—	-0.285	-0.34	-0.066	-1.068	-0.898

然后计算目标层等级，桂林市公交服务质量评价指标权重及关联值如表 9：

**Table 9.** Guilin city public transport service quality evaluation index weight values and related values  
**表 9.** 桂林市公共交通服务质量评价指标权重值及关联值

权重 $B$	$k_1(M)$	$k_2(M)$	$k_3(M)$	$k_4(M)$	$k_5(M)$
0.306	-1.033	-0.318	-0.419	-1.05	-0.351
0.453	-0.551	-0.246	-0.262	-1.385	-1.93
0.242	-0.285	-0.340	-0.066	-1.068	-0.898
$k_j(M)$	-0.635	-0.291	-0.263	-1.207	-1.199

综上，对桂林市的公交服务质量进行评价后，得到评价指标体系中的路网规划、线网布设、运营服

务三大方面的服务质量评价等级分别为：二级、二级、三级，综合评价评价等级为三级。

### 4.3. 结果验证

参考其他学者的公交服务质量评价方法，选取运用较多的模糊综合评价的方法对评价结果进行验证结果的可靠性。

1) 确定评价因素集：

第一层： $U = \{B_1(\text{线网规划}), B_2(\text{线网布设}), B_3(\text{运营服务})\}$

第二层： $U_1 = \{C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}\}$ ， $U_2 = \{C_{21}, C_{22}\}$ ， $U_3 = \{C_{31}, C_{32}\}$

2) 确定确定建立评判集：并给出不同的分指，具体情况见表 10：

Table 10. Score table of judgment

表 10. 评判程度的分值表

程度	好	较好	中	较差	差
分值	95	85	75	65	55

3) 确定权重：运用 3.3.2 中得到的权重值进行计算。

4) 确定模糊矩阵：

由于指标数据均可得到现状值，可选取专家调查法对所属评判等级进行投票评估。选取 20 位了解桂林市公交现状的专家进行问卷调查(不包括之前权重调查的专家)，对指标所属评价等级进行评价评估。并根据评价结果进行模糊矩阵的建立。

Table 11. Expert questionnaire evaluation index evaluation value table

表 11. 专家问卷调查评价指标评估表

指标层	V <sub>1</sub> (一级)	V <sub>2</sub> (二级)	V <sub>3</sub> (三级)	V <sub>4</sub> (四级)	V <sub>5</sub> (五级)
300 m 站点覆盖率	0.6	0.3	0.1	0	0
现网密度	0.2	0.4	0.2	0.1	0
公交车专用道面积	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1
重复系数	0.3	0.4	0.2	0.1	0
非直线系数	0.2	0.4	0.2	0.2	0
高峰满载率	0.7	0.2	0	0.1	0
高峰发车间隔	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1
高峰运营速度	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1

最后运用表 4 和表 11 进行计算，得到评价结果：

$$B_1 = W_1 \cdot R_1 = (0.3553, 0.311, 0.142, 0.194) \cdot \begin{bmatrix} 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B_1 = (0.390, 0.361, 0.167, 0.067, 0.014)$$

$$F_1 = B_1 \times N^T = 85.46$$

同理可求得： $F_2 = B_2 \times N^T = 85.57$

$F_3 = B_3 \times N^T = 75.06$

$F = B \times N^T = 81.58$

评价结果表明，桂林市公交服务质量综合评价等级为三级，其中线网规划和线路布设为二级，运营服务等级为三级，与前文提出的基于 AHP-可拓物元按公交服务质量评价结果一致，证明了其方法的可靠性。

根据评价结果可以看出，桂林市公交服务质量评价等级不高，有待进一步完善，其中运营服务层面最为薄弱，可考虑从该层面优化公交系统。

## 5. 结语

本文对公交服务质量评价系统进行了研究，将层次分析法和可拓物元法相结合，构建了服务质量评价体系，可得到各个层面的评价等级，并对比已经较为成熟的模糊综合评价方法的评价结果，得出本文方法的可靠性。本研究可以得到评价系统中的薄弱点，有针对性的对公交系统进行优化，可为公交服务质量评价与改善提供新的思路，有利于提高公交服务质量、有利于对公交系统进行合理优化、有利于改善和发展公交系统。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(71861005)；广西自然科学基金项目(2016GXNSFAA380056)。

## 参考文献

- [1] Friman, M. and Gärling, T. (2001) Frequency of Negative Critical Incidents and Satisfaction with Public Transport Service. *Journal of Retailing and Customer Services*, **8**, 95-104.
- [2] 胡雨婷, 张春勤, 刘勇. 常规地面公共交通服务质量评价文献综述[J]. 浙江理工大学学报(自然科学版), 2020, 43(1): 136-144.
- [3] 陈柳. 常规公交服务质量评价指标及对策研究——以重庆市主城区为例[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2012.
- [4] 裴玉龙, 徐大伟. 基于模糊推理的公共交通分担率预测研究[J]. 哈尔滨工业大学交通科学与工程学报, 2003, 36(7): 22-26.
- [5] 王炜, 等. 城市公共交通系统规划方法与管理技术[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [6] 薛兴海. 关于“互联网 + 公交”的应用与思考[J]. 人民公交, 2016(7): 38-42.
- [7] 胡启洲, 杨艳妮. 城市公交线网评价的灰色关联模型[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版). 2009, 33(6): 1072-1073.
- [8] 胡启洲. 城市常规公共交通系统评价方法研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 东南大学, 2008.
- [9] 李宁. 基于层次分析和模糊评价法的本溪市森林结构调整研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2014(4): 68-71.
- [10] 周雪梅, 石云林, 刘梅, 杜虎. 城乡公交服务质量评价方法[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2015, 43(7): 1031-1038.
- [11] 张丽娜. 城市常规公交服务质量评价体系研究[D]: [硕士学位论文]. 绍兴: 石家庄铁道大学, 2016.
- [12] 李勤欢. 深圳城市公共交通服务质量评价研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.
- [13] 李泽颖, 谢秋峰. 镇江市常规公共交通服务指数构建[J]. 镇江高专学报, 2015, 28(1): 37-39+47.