

集对分析在常规公共交通服务水平评价中的应用

冯胜利, 王芹芹

(兰州交通大学 交通运输学院, 兰州 730070)

摘要:在综合分析已有城市公共交通服务水平评价方法基础上,考虑到公交系统评价过程中的不确定性和复杂性因素,从站点、线路、公交系统三个方面建立服务水平评价指标体系,引入集对分析理论计算能体现系统确定性与不确定性的同异反联系度,建立了公共交通服务水平系统评价的集对分析模型。用层次分析法确定指标权重,通过指标间联系度的计算确定评价系统的等级。最后给出一个实例来证明方法的有效性。

关键词:公共交通;服务水平;集对分析;评价

中图分类号:U491 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2013)12-0039-04

优先发展公共交通是城市交通发展的一种趋势,同时也是公共交通发展的理想模式。城市公交服务质量是衡量城市水平的标准之一,它与市民的生活和工作紧密相连,息息相关。随着中国城市国际化进程加快,城市公交将必然成为一个城市形象的真实写照。因此,提高城市公交服务质量,寻求一种科学、客观、合理且量化的公交服务质量评价方法就显得尤为重要。

长期以来,人们在常规公共交通服务水平评价方面的研究多注重于定性分析,而目前我国现有的对公交服务水平的评价主要集中在评价指标的选取以及评价方法的改进方面。其中,罗宇龙^[1]等基于 UML 建立了公交评价指标;高桂凤^[2]等运用 AHP 法建立了城市公交服务质量的评价指标体系;黄婷^[3]等在基于乘客观点的公交服务质量评价体系及方法做了相关研究;李春清^[4]等通过提出换乘高效性指标,建立了城市公交服务水平评价指标体系,为城市公交服务水平评价提供基础。在评价方法方面的研究主要包括 AHP 法^[5],神经网络模型^[6],灰色关联度评估模型^[7],乘客满意度指数模型^[8],模糊数学理论^[9],粗糙集理论方法^[10],群组决策特征根法^[11],Fuzzy Logic 模型^[12]等,但这些方法都存在不同程度的筛选标准不明确,难以反映公交服务水平不同层次不同方面的状况。20 世纪 80 年代末,赵克勤提出了一种新的不确定性理论——集对分析理论(set pair analysis,简称 SPA),把对不确定性的辩证认识转换成具体的数

学问题^[13]。本文在分析常规公交系统不确定性因素的基础上,引入集对分析理论,将公共交通系统指标和服务水平评价标准构成一个集对去分析其同异反联系,并将多个指标系统表示成一个能从总体上衡量公交服务水平程度的联系数,从而定量计算出不同层次的服务水平。这种评价方法客观合理,评价结果适用性强,可作为对现有公交服务水平评价研究的有效补充。

1 公共交通服务水平评价指标体系的建立

公交服务质量是一个庞大的体系,其内涵包括经济、便利、快捷、舒适、安全、低污染(甚至无污染)、低噪声、可靠性等方面,因此,常规公共交通评价指标体系的建立必须符合科学性、可比性、综合性、适用性、客观性的原则。文章从公共交通系统的公交站点、公交线路、公交系统三个方面建立评价指标体系,在已有研究成果的基础上^[3],充分全面的考虑公交服务质量影响因素,建立了较为全面的指标体系,见表 1。公共交通服务水平分级标准^[3],见表 2。

2 公共交通服务水平评价集对分析模型

2.1 集对分析

集对分析方法是將不确定性系统中的两个有关联的集合构造集对,对集对作同一性、差异性和对立性三维分析,在此基础上建立集对的同、异、反三维联系度,借助联系度来把握集对中两个集合的联系与转化。联系度可按式计算。

收稿日期:2013-08-13

作者简介:冯胜利(1988—),女,河北辛集人,兰州交通大学交通运输学院,硕士生,研究方向:交通运输规划与管理;王芹芹(1989—),女,甘肃天水人,兰州交通大学交通运输学院,硕士生,研究方向:交通运输规划与管理。

表 1 评价体系指标

	二级指标	指标说明
公交站点	公交服务间隔	平均车间时距越短,候车时间越少,公交站点服务就越有效。
	服务频率	服务频率越高、候车时间越少、出行时间弹性越大。
	公交站点可达性程度	a. 公交车站附近私家车及自行车停放方便;b. 乘坐公交步行时间距离是否合理;c. 站点提供动态实时信息;d. 站点站牌表达清晰,方便乘客查找所需乘坐线路的基本信息;e. 提供换乘指示图。
	耗费时间	候车时间是指乘客到达公交车站起到乘客上车为止的时间消耗。
	公交承载率	该指标指客运高峰期,车辆在主要线路的高单向、高断面上载运乘客的平均满载程度。
	公交站点候车舒适度	a. 站点设有贩卖设施,方便乘客购买;b. 候车站点座位人性化设计;c. 公交车站设有垃圾储存装置,保证站内干净整洁;d. 候车站点设置遮阳避雨的雨阳篷;e. 车站提供报纸杂志或安装广播、电视等多媒体,可以缓解乘客候车焦急情绪。
	公交站点安全状况	a. 夜间公交站点应有充足的照明,保证乘客良好的视觉环境以及足够的候车安全感;b. 公交站点提供紧急情况报警电话;c. 公交有序、规范进站;d. 无其他车辆占用公交站台;e. 公交车站安装摄像头;f. 与公安部门联合制定公交车站反扒反抢等打击犯罪行为的措施。
公交线路	公交服务时间	公交服务时间(即公交口运营时间)直接影响到公交出行的有效性。
	公交线路乘坐方便程度	a. 公交 IC 卡收费;b. 报站信息完备明确;c. 车内线路与站点周边简易地图、地名、建筑物名等指路引导信息的提供;d. 换乘指示图;e. 广播或电视媒体等其他便民服务。
	准点率	公交车准点率,通常定义为运营车辆在营业线路上准点行车次数与全部行车次数之比。
	车头时距	固定的车头就决定了公交服务的可靠性。车头时距的计算是以某特定线路的公交车辆(到站时)车头时距变化系数为基础,计算公式如下: $C=\text{车头时距标准差}/\text{平均规定车头时距}$
	公交乘坐舒适程度	a. 车厢内部干净整洁;b. 车厢装有空调,保证车厢内舒适的温度;c. 车内座位等内部设备设计人性化;d. 乘务员具备高效文明的服务水准;f. 车辆运行途中乘坐平稳舒适。
	公交运行安全状况	a. 车辆构件与运行系统合格、达标;b. 司乘人员具备从业资格证;c. 司乘人员按公交线路与职业标准规范操作;d. 公交车车辆高峰满载率低于 150%;e. 制定安全质量管理保证体系;f. 制定行车安全管理规定;g. 与公安部门联合制定公交车上反扒反抢等打击犯罪行为的设施。
公交系统	车站覆盖率	车站覆盖率定义为公交服务的覆盖区面积与城市建成区面积的比值。
	最大出行时耗	在客运高峰时,出行者单程公交出行时耗累计分布图上 95%位置所对应的时耗值。
	交通费率	该指标是指乘客每百千米车票费用与该地区平均月收入之比。
	公交车辆平均安全运行间隔里程	公交车辆总行驶里程与行车责任事故次数的比率。
	换乘效率	高效性指标比较难以量化,主要通过乘客信息获得程度、企业调度手段先进程度来反映。
	乘客满意度	公交乘客服务满意度是指乘客对公交运营情况是否满足其需要程度及满足情况的评定。

表 2 评价分级标准

指标体系	二级指标	服务水平分级标准			
		A	B	C	D
站点 C ₁	平均时距(min)C ₁₁	<5	5~10	11~30	31~60
	发车频率(辆/小时)C ₁₂	>12	6~12	2~5	1~2
	公交站点可达性程度 C ₁₃	满足五项	满足四项	满足三项	满足两项
	车辆承载率 C ₁₄	<1	1~1.2	1.3~1.5	1.5~3.0
	公交站点候车舒适度 C ₁₅	满足五项	满足四项	满足三项	满足两项
	公交站点乘客安全状况 C ₁₆	满足六项	满足五项	满足四项	满足三项
线路 C ₂	服务时间(小时)C ₂₁	18~24	16~17	12~15	4~11
	公交线路乘坐方便程度 C ₂₂	满足五项	满足四项	满足三项	满足两项
	准点率 C ₂₃	95.0%~100.0%	90.0%~94.9%	80.0%~89.9%	70.0%~79.9%
	车头时距 C ₂₄	0.00~0.21	0.22~0.30	0.31~0.52	0.53~1.00
	乘坐的舒适程度 C ₂₅	满足五项	满足四项	满足三项	满足两项
	公交运行安全状况 C ₂₅	满足七项	满足六项	满足五项	满足四项

指标体系	二级指标	服务水平分级标准			
		A	B	C	D
公交系统 C_3	车站覆盖率 C_{31}	100%	99.9%~90%	89.9%~80.0%	79.9%~65.0%
	乘客交通费率 C_{32}	8.1~11	11.1~14	14.1~17	17.1~20
	最大公交出行时耗(min) C_{33}	<30	30~40	41~50	51~60
	公交车辆平均安全运行间隔里程 (10^4 km/次) C_{34}	>125	100~124	75~99	50~74
	乘客满意度 C_{35}	0.8~1.0	0.6~0.8	0.4~0.6	0.2~0.4
	换乘高效性 C_{36}	很好	好	一般	不好

$$\mu = a + b_i + c_j$$

式中: μ 为联系度; a 为同一度, b 为差异度, c 为对立度, $a+b+c=1$; i 为差异度系数,在 $[-1,1]$ 中根据不同情况取值; j 为对立度系数,取 -1 。

2.2 联系度计算

设常规公共交通服务水平指标为集合 A , 等级为集合 B , 服务水平等级划分为四级, 则集对 $H(A, B)$ 的联系度可构造如下: 若待评价指标处于评价级别范围内, 则认为是同一, 联系度为 1; 若待评价指标处于相隔的级别中, 则认为是对立, 联系度为 -1 ; 若待评价指标处于相邻的评价级别中, 则按式(1)~式(4)计算, 确定联系度。

1) 公共交通服务水平评价指标 j 针对服务水平是 A 级的联系度:

$$\mu_{i1} = \begin{cases} -1, x_j \in [s_{j(0)}, s_{j(2)}] \\ 1 + \frac{2(x_j - s_{j(3)})}{(s_{j(3)} - s_{j(2)})}, x_j \in [s_{j(2)}, s_{j(3)}] \\ 1, x_j \in [s_{j(3)}, s_{j(4)}] \end{cases} \quad (1)$$

2) 公共交通服务水平评价指标 j 针对服务水平是 B 级的联系度:

$$\mu_{i2} = \begin{cases} -1, x_j \in [s_{j(0)}, s_{j(1)}] \\ 1 + \frac{2(x_j - s_{j(2)})}{s_{j(2)} - s_{j(1)}}, x_j \in [s_{j(1)}, s_{j(2)}] \\ 1, x_j \in [s_{j(2)}, s_{j(3)}] \\ 1 + \frac{2(x_j - s_{j(2)})}{s_{j(2)} - s_{j(1)}}, x_j \in [s_{j(3)}, s_{j(4)}] \end{cases} \quad (2)$$

3) 公共交通服务水平评价指标 j 针对服务水平是 C 级的联系度:

$$\mu_{i3} = \begin{cases} 1 + \frac{2(x_j - s_{j(1)})}{(s_{j(1)} - s_{j(0)})}, x_j \in [s_{j(0)}, s_{j(1)}] \\ 1, x_j \in [s_{j(1)}, s_{j(2)}] \\ 1 + \frac{2(x_j - s_{j(2)})}{(s_{j(2)} - s_{j(3)})}, x_j \in [s_{j(2)}, s_{j(3)}] \\ -1, x_j \in [s_{j(3)}, s_{j(4)}] \end{cases} \quad (3)$$

4) 公共交通服务水平评价指标 j 针对服务水平是 D 级的联系度:

$$\mu_{i5} = \begin{cases} 1, x_j \in [s_{j(0)}, s_{j(1)}] \\ 1 + \frac{2(x_j - s_{j(1)})}{(s_{j(1)} - s_{j(2)})}, x_j \in [s_{j(1)}, s_{j(2)}] \\ -1, x_j \in [s_{j(2)}, s_{j(4)}] \end{cases} \quad (4)$$

式中: x_j 是待评价指标的实际值; $\mu_{i1}, \mu_{i2}, \mu_{i3}, \mu_{i4}$ 分别为指标 i 对应评价等级的联系度; $s_{j(0)}, s_{j(1)}, s_{j(2)}, s_{j(3)}, s_{j(4)}$, 分别为评价指标 i 对应评价级别的限值, $s_{j(0)} < s_{j(1)} < s_{j(2)} < s_{j(3)} < s_{j(4)}$ 。

2.3 确定权重

本文运用层次分析法进行权重的确定。

2.4 评价等级确定

根据上述公式计算各底层指标的联系度后, 按下式计算总联系度:

$$\mu_j = \sum_{i=1}^n \mu_{ij} * w_{ij} * w_i \quad (5)$$

μ_j 评价指标对第 j 个级别的总联系度, w_{ij} 是第 i 个评价指标对应第 j 个级别权重值, w_i 评价指标的权重。记 $\mu_p = \max\{\mu_j\} p \in [1, 2, 3, \dots, m]$, 式中 m 为评价等级数, 则公共交通服务水平可判断为 p 级。

3 实例

以某一城市公交服务水平为例, 指标值见表 3。

3.1 计算联系度

根据联系度计算式(1)~式(4), 计算基础指标层指标的联系度, 结果如表 5 所示。

3.2 确定指标权重

采用层次分析法(AHP)构建各级指标的判断矩阵, 然后得出指标权重。在公共交通服务水平评价系统中, 目标层是服务水平评价; 准则层是站点、线路、运行系统三个方面; 指标层是表中的 18 个评价指标。从公共交通系统运行的角度上讲, 城市公共交通运行存在着不确定性和复杂性, 站点、线路、公交系统是紧密相连的, 由于各自服务的功能不同, 其权重也有所差异, 综合专家的意见采用两两比较法给出了站点、线路、公交系统的重要性程度。见表 4。

表 3 评价指标现值

指标	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	C ₃₆
评价指标现值	0.83	0.85	0.88	0.83	0.8	0.82	0.83	0.8	0.85	0.88	0.89	0.89	0.85	0.8	0.85	0.88	0.75	0.8

表 4 联系度计算结果

指标	联系度				指标	联系度			
	A	B	C	D		A	B	C	D
C ₁₁	1	0.03	-1	-1	C ₂₄	1	-0.04	-1	-1
C ₁₂	1	0.2	-1	-1	C ₂₅	1	-1	-1	-1
C ₁₃	1	0.09	-1	-1	C ₂₆	1	-1	-1	-1
C ₁₄	1	1	-1	-1	C ₃₁	-1	1	0	-1
C ₁₅	1	0.82	-1	-1	C ₃₂	1	-0.26	-1	-1
C ₁₆	1	0.64	-1	-1	C ₃₃	1	0.2	-1	-1
C ₂₁	1	-0.88	-1	-1	C ₃₄	1	0.92	-1	-1
C ₂₂	1	0.85	-1	-1	C ₃₅	0.73	1	-0.73	-1
C ₂₃	0	1	0	-1	C ₃₆	1	0.82	-1	-1

表 5 判断矩阵

A-C	C ₁	C ₂	C ₃
C ₁	1	1/5	1/3
C ₂	5	1	3
C ₃	3	1/3	1

通过计算可以得出判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}=3.038$ ，一致性比率 $CR=0.033<0.1$ ，通过一致性检验。最终确定公交系统服务水平评价一级指标权重 $W_1=(0.105,0.637,0.258)$ ，18 个二级指标的权重向量 W_2 均为 1/6。

3.3 评价等级确定

根据式(5)计算总联系度，结果见表 6。

表 6 评价等级结果

一级指标	总联系度	对应服务水平评价等级
C ₁	0.105	A
C ₂	0.531	A
C ₃	0.246	A

由计算结果可知：该实例中站点、线路、以及整个公交系统这三个层次的服务水平都是 A，由表 5 中单个指标的计算结果可以看到，在 36 个指标中 90% 以上的指标联系度都是 1，隶属于 A 级服务水平，可知该公交系统的服务水平较为大众满意。

4 结论

1)建立突出公共交通系统特点的服务水平等级评价指标体系，运用集对分析方法对服务水平等级进行综合评价，并给出应用实例。结果表明：集对分析模型适用于公共交通服务水平等级评价，能够对公共交通服务水平进行综合评价。

2)集对分析更多的考虑各指标之间的联系度，模型简单，评价更为客观，且效果较好。

参考文献

[1] 罗宇龙,刘莹,林航飞,等. 基于 UML 的城市公交评价系统建模[J]. 现代交通技术,2007,4(3):77-80.

[2] 高桂凤,魏华,严宝杰. 城市公交服务质量可靠性评价研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2007,31(1):140-143.

[3] 黄婷. 基于人性化理念的公交服务质量综合评价模型研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2009.

[4] 李春清,宋瑞. 城市公交服务水平综合评价指标体系研究[J]. 交通标准化,2008(9):107-110.

[5] 李春清,宋瑞,欧阳展. 非线性优化 AHP 法在公交服务水平评价中应用[J]. 城市公共交通,2008(5):32-35.

[6] 邵祖峰. 城市公共交通服务质量评价神经网络模型[J]. 城市管理与科技,2005(4):178-180.

[7] 杨俊,陈荣秋,郭聪敏. 基于灰色系统理论的城市公共交通服务质量评估[J]. 工业工程与管理,2005(4):89-92.

[8] 刘武,李文子. 城市公交服务乘客满意度指数模型[J]. 城市交通,2007,5(6):65-69.

[9] 尹峰,李枫. 公共交通服务水平的模糊评价[J]. 上海交通大学学报,2000,34(增刊):100-104.

[10] 张喜成,汪江洪. 粗糙集综合评价法在公交服务水平评价中的应用[J]. 统计与决策,2006(2):46-48.

[11] 喻杰,文彤. 基于群组决策特征根法的常规公交服务水平评价[J]. 湖南城市学院学报:自然科学版,2012,21(1):39-42.

[12] 高丽杰,高利平,刘智丽,等. 公交服务水平评价的 Fuzzy Logic 模型[J]. 城市公共交通,2009(10):25-29.

[13] 赵克勤,宣爱理. 集对论——一种新的不确定理论与应用[J]. 系统工程,1996,14(1):18-23.

[14] 刘咏梅. 基于集对分析的公共交通成本规制后评价研究[J]. 公路与汽运,2010,11(6):44-47.

(下转第 182 页)

1)加强农业生产环境监测与保护。与环保部门一起,严格农产品产地环境的管理,制定水源保护规划,加强农产品供水水质管理,合理施用肥料、农药、严格控制面源污染。全面开展农产品重点生产基地环境监测,采取切实有效的农业生态环境净化措施,保证农产品的产地环境符合要求,从源头上把好农产品质量安全关。

2)加强农产品生产过程的监管。严格制定农药、肥料、激素等农业投入品的生产市场和经营准入条件,健全农业投入品的市场准入制度,规范农业投入品的生产、经营许可和登记。指导农产品生产,使企业掌握并遵循安全生产技术规程,经营者严格按照标准组织生产和加工,提倡科学地交替、轮换使用农药。要加快推广先进的植物病虫害综合防治技术,推广生物农药、推广配方施肥技术和有机肥、复混专用肥。

3)在市场准入中建立检测检验机构。在生产地、批发市场,要逐步建立农产品自检制度,投入农产品质量检验设施设备,培养专门的技术人员,严格规范

质量标准。产品自检合格,方可投放市场或进入无公害农产品专营区销售,无论是生产地,还是农产品批发市场,农贸市场,都要自觉接受和配合政府指定的检测机构的检测检验,接受执法单位对不合格产品依法做出的处理。

4)强化安全生产。园区一切事务应严格遵守《劳动保护条例》,执行卫生监测、安全监察制度,严格管理确保产品质量和劳动生产安全。

参考文献

[1] 谢莉. 湖南观光休闲农业开发模式探析[J]. 衡阳师范学院学报, 2005(2): 45—48.
[2] 袁胜军, 等. 对上海休闲农业旅游的调查与对策分析[J]. 湖南农业科学, 2006(1): 7—9, 12.
[3] 姜太碧. 成都市近郊观光农业调查报告[J]. 西南民族大学学报: 人文社科版, 2006(4): 152—154.
[4] 张定, 陈宗元. 江苏观光农业新观察[J]. 江苏农村经济, 2005(10): 20—21.

Integrating Resources to Build a High Quality Beautiful New Rural Ecological and Environmental Protection

——In liuhe district agricultural male state street planning, for example
ZHANG Li-hao, ZHANG Xiao-yan, WU Guan-suo, YAN Mei-ling, HENG Yan
(Nanjing Institute of Agricultural Sciences, Nanjing 210018, China)

Abstract: in order to build good beautiful new rural, liuhe district of male state street make full use of the advantages of geographic location, solid industrial foundation, actively implement agriculture "1115 project", combined with industry present situation and the advantages and disadvantages of its own, formulate scientific and rigorous modern agriculture park planning. Planned pattern of "core + radiative zone", the core: high standard grain production demonstration area, high efficiency facility agriculture demonstration zone, efficient aquaculture demonstration area, urban leisure sight I putuoshan river, modern agriculture service area; Radiative zone: the melon port production area of grain and oil, resentments economic fruit production area. In order to ensure the smooth implementation of planning, to define the construction planning of safeguard measures, strive to put the planning area into the beauty of a new socialist countryside.
Key words: Liuhe; the male state; ecological and environmental protection; Nongyeyuan; planning; beautiful new rural

(上接第 42 页)

Application of Set Pair Analysis in Evaluating the Service Level for Public Transport

FENG Sheng-li, WANG Qin-qin
(School of Traffic and Transportation, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The evaluation of service level for public transport is of great significance in urban traffic system management and operation construction. This paper establishes the indices system of service level through three aspects of sites, routes and public transport system on the basis of analyzing the existing evaluation research and considering the uncertainty and complexity in the process of systematic evaluation, and then on the basis of Set Pair Analysis (SPA), it establishes Set Pair Analysis Model (SPAM) in public transportation system and introduces the identity- discrepancy- contrary (IDC) connection degree formula which can embody certainties and uncertainties of the assessment system. It uses the AHP method to determine the weights of the indices. According to the calculation results of connection degree between indicators which the level of the evaluation system is determined . Finally, a simple example is given to illustrate the application of the method.
Key words: public transport; service lever; set pair analysis; evaluation