

文章编号: 1673-9469(2017)04-0057-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2017.04.013

基于灰色聚类的城市公交系统评价研究

李伟, 姚立根, 吴利丰

(河北工程大学 经济与管理学院, 河北邯郸 056038)

摘要: 利用灰色聚类分析方法对邯郸地区公共自行车服务系统进行评价。在已获得的统计数据基础上, 综合考虑站点间距、居民出行方式等多种因素, 建立评价指标体系, 从整体布局到车况本身, 切实分析公共自行车服务系统。结果表明: 邯郸公共自行车服务系统执行效果较好, 基本达到低成本和高效率的目的, 对增强群众选取绿色交通方式和完善公共自行车服务系统具有重要意义。

关键词: 公共自行车; 灰色聚类; 评价

中图分类号: U12

文献标识码: A

Research on urban public transport system evaluation based on Gray Clustering

LI Wei, YAO Ligen, WU Lifeng

(Hebei University of Engineering, Management Engineering and Business School, Hebei Handan, 056038, China)

Abstract: The gray clustering analysis method is used to evaluate the public bicycle service system in Handan area. On the basis of the obtained statistical data, considering the factors such as site spacing, resident travel mode and so on, the evaluation index system is established. The public bicycle service system is analyzed from the overall layout to the vehicle condition itself. The results show that Handan City Public Bicycle Service System has a good effect and basically achieves the purpose of low cost and high efficiency, which is of great significance to enhance the people's choice of green transportation mode and perfect public bicycle service system.

Key words: Public bicycles; Grey clustering; Evaluation

邯郸市地处京津冀经济区内, 经济发展迅猛, 但雾霾污染等环境问题居高不下。汽车尾气是有毒颗粒物的主要来源, 政府部门不断采取相关应对措施^[1], 不断降低机动车尾气排放, 大力发展公共交通工具建设, 但是现有的公共服务体系还不够完善。李煜华、胡运权^[2]通过灰色聚类的方法, 对青岛市的公共交通发展状况进行综合评价, 表明在解决交通拥挤问题的方法中, 公共自行车服务作用效果明显; 王欢明、李鹏^[3]通过着重分析北京、武汉、苏州、杭州的典型案列, 对公共自行车服务在城市中的供给模式进行了比较研究。本文主要结合邯郸地区环境和经济发展状况, 采用灰色聚类分析的方法, 对邯郸地区现行的公共自行车服务系统进行客观合

理的分析, 评价当前的实施状况, 针对发现的不足提出参考建议。

1 公共自行车服务系统的指标评价体系

1.1 公共自行车服务系统的指标选取原则

和私人交通工具相比, 公共交通具有效率高、耗能少、成本低等多项优点, 方便市民出行、缓解城市拥堵、促进节能减排。为了对目前各个地区的公共自行车服务系统进行灰色聚类的综合分析, 得出客观合理的评价结果, 选取合适的聚类分析指标体系必不可少^[4-5]。需要综合考虑自行车自身性能、居民使用效率、周围环境及经济效益等多方面因素,

收稿日期: 2017-09-27

特约专稿

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71401051); 教育部人文社会科学研究规划基金资助项目(15YJA630017); 河北省社会科学基金项目(2015031206); 河北省住建厅科学计划研究项目(2012-158)

作者简介: 李伟(1992-), 女, 河北邯郸人, 硕士, 主要从事管理科学与工程方面的研究。

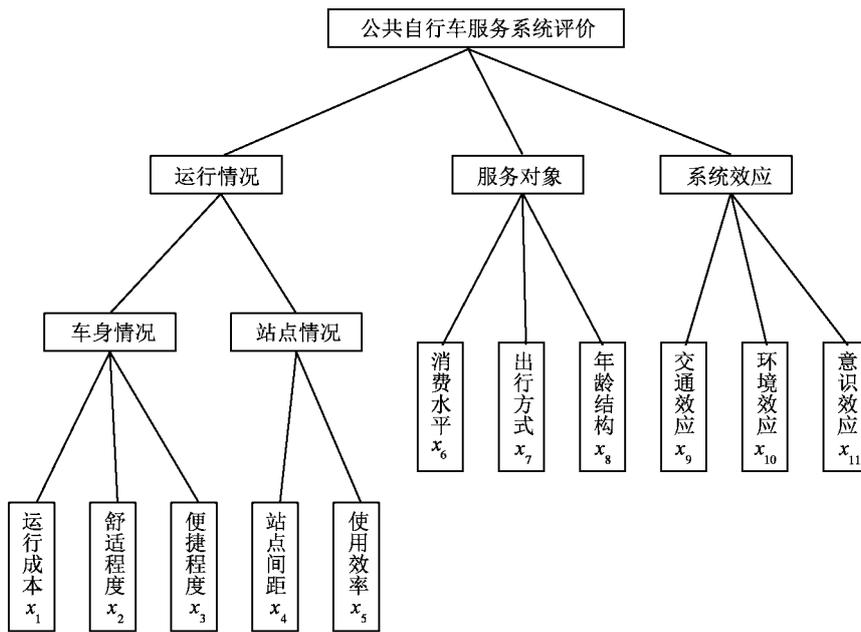


图1 公共自行车服务系统评估指标

Fig.1 Public bicycle service system assessment indicators

对该系统所涉及到的因素指标进行分类归纳^[6],按照系统分析的原理,以实用性、协调性、通用性等原则,建立一个综合全面的指标评价体系(图1)。

基于实际调查和从公交公司获得的数据,各指标参数对应权重分别为:0.02、0.08、0.09、0.05、0.11、0.02、0.17、0.06、0.15、0.14、0.11。

1.2 公共自行车服务系统各灰类的判别标准

在已获得的数据基础上,将各指标评价分值转换为百分制,分为“优”、“良”、“中”、“差”四个灰类,根据该公共自行车服务系统的最低、最高评价分值和灰类划分要求,在区间[50, 100]中,依次确定“优”灰类的转折点为 $\lambda_j^1=90$ ，“良”灰类的转折点为 $\lambda_j^2=80$ ，“中”灰类的转折点为 $\lambda_j^3=70$ 和“差”灰类的转折点为 $\lambda_j^4=60$ 。

因为所涉及到的各个指标评价分值均已转化为百分制,所以各指标关于“优”“良”“中”“差”四个灰类的白化权函数相同,分别为

$$f_j^1 = \begin{cases} 0, & x \notin [80, 100] \\ \frac{x-80}{90-80}, & x \in [80, 90] \\ 1, & x \in [90, 100] \end{cases}$$

$$f_j^2 = \begin{cases} 0, & x \notin [70, 90] \\ \frac{x-70}{80-70}, & x \in [70, 80] \\ \frac{90-x}{90-80}, & x \in [80, 90] \end{cases}$$

$$f_j^3 = \begin{cases} 0, & x \notin [60, 80] \\ \frac{x-60}{70-60}, & x \in [60, 70] \\ \frac{80-x}{80-70}, & x \in [70, 80] \end{cases}$$

$$f_j^4 = \begin{cases} 0, & x \notin [50, 70] \\ 1, & x \in [50, 60] \\ \frac{70-x}{70-60}, & x \in [60, 70] \end{cases}$$

其中各指标关于“优”灰类的白化权函数为上限测度白化权函数,各指标关于“中”和“良”灰类的白化权函数均为三角白化权函数,各指标关于“差”灰类的白化权函数为下限测度白化权函数^[7](图2)。

根据影响程度将各个指标按分级标准分为优、良、中、差四级,如表1。

2 灰色聚类方法原理及步骤

灰色聚类方法是依靠已知信息,利用白化函数对灰数进行聚类分析。根据已知信息替代不确定的信息,由白化数对聚类对象进行灰类归纳,分类识别聚类对象,使量化分析结果客观、真实,作出全面评价。灰色聚类方法的具体步骤如下:

2.1 确定评价的聚类对象

获得聚类白化数,得到聚类白化数矩阵。这里所涉及到的聚类对象包括:评价对象、评价指标和

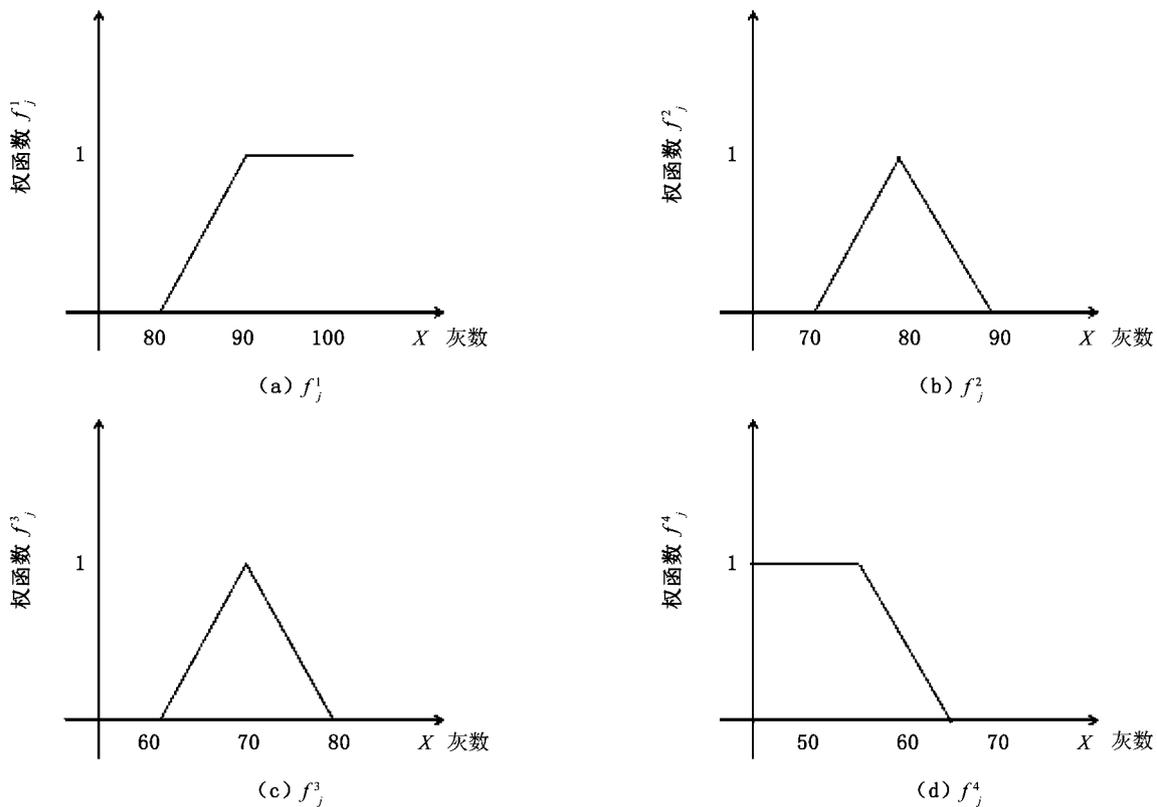


图2 灰数与白化权函数关系图

Fig.2 Relationship between gray number and whitening weight function

表1 评价指标分级标准

Tab.1 Evaluation criteria classification criteria

指标名称	优	良	中	差	
运行情况	运行成本	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
	舒适程度	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
	便捷程度	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
	站点间距	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
	使用效率	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
服务对象	消费水平	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
	出行方式	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
	年龄结构	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
系统效应	交通效应	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
	环境效应	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]
	意识效应	[90, 100]	[80, 90]	[70, 80]	[40, 70]

灰类。设定评价对象集合为： $X=\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ 设定评价指标集合为 $Y=\{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$ ；设定灰类集合为 $K=\{k_1, k_2, k_3, \dots, k_s\}$ ；其中 $m, n, s \in R^+$ 。聚类白化数矩阵如下：

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix}$$

该矩阵 $[X_{ij}]_{n \times m}$ 中， n 为聚类对象数， m 为聚类指标数。矩阵中所涉及到的白化数通过问卷调查和

现场采访及互联网访问相结合的方式获得。

2.2 对数据进行无量纲化处理

由于上述各个数据指标的量纲各不相同，无量纲化处理采集到的数据，使得数据压缩在 $[0, 1]$ 区间上，便于数据分析，即用 $\max_{1 \leq j \leq s} \max_{1 \leq k \leq s} \{x_{ij}, \lambda^i\}$ 除相应数据。

2.3 对聚类对象进行灰类归纳

将 n 个聚类对象关于聚类指标 $j(j=1, 2, \dots, m)$ 的取值相应地分为 s 个灰类，成为 j 指标子类：

表2 邯郸市公共自行车服务系统评价指标实际数值统计表 (%)
 Tab.2 Handan city public bicycle service system evaluation index actual numerical statistics table

指标名称	运行成本	舒适程度	便捷程度	站点间距	使用效率	消费水平
实际值	89	81	83	79	76	80
指标名称	出行方式	年龄结构	交通效应	环境效应	意识效应	
实际值	79	74	86	84	61	

表3 各指标关于不同灰类的白化权函数值和灰色聚类系数
 Tab.3 Indicators of whitening weights for different gray classes and gray clustering coefficients

灰类	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	δ_i
优	0.9	0.1	0.3	0	0	0	0	0	0.6	0.4	0	0.199
良	0.1	0.9	0.7	0.9	0.6	1	0.9	0.4	0.4	0.6	0	0.589
中	0	0	0	0.1	0.4	0	0.1	0.6	0	0	0.1	0.113
差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.099

$$X_{ij} = \frac{d_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_{jk}}$$

2.4 确定灰类白化函数 $f_j^k(x_{ij})$

综合评价的要求是灰类数 s 划分的标准，灰类 1、灰类 s 的转折点 λ_j^s ，作为灰类 $k(k \in \{2, 3, \dots, s-1\})$ 中心点的 $\lambda_j^2, \lambda_j^3, \dots, \lambda_j^{s-1}$ 和 λ_j^1 逐一确定；设定 k 子类 j 指标白化权函数 $f_j^k(x_{ij})$ [8]。下限测度白化权函数 $f_j^1[-, -, \lambda_j^1, \lambda_j^2]$ 和上限测度白化权函数 $f_j^s[\lambda_j^{s-1}, \lambda_j^s, -, -]$ 分别取为灰类 1 和灰类 s 的白化权函数，依据中心点或端点的三角白化权函数可取为灰类 $k(k \in \{2, 3, \dots, s-1\})$ 的白化权函数 [7]。

2.5 求解标定聚类权

即求解各个指标在各个类别中的权重，根据白化函数，定义 λ_{jk} 为聚类指标 j 和聚类等级 k 子类的临界值，并按下列式子计算标定聚类权 η_j^k 。

$$\eta_j^k = \frac{\lambda_j^k}{\sum_{j=1}^m \lambda_j^k}$$

2.6 求解聚类系数 δ_i^k

即第 i 个类聚类对象属于第 k 个灰类的灰色聚类系数。

$$\delta_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \eta_j^k$$

属于灰类 k 的白化权函数为在指标 j 下以 i 为对象的 $f_j^k(x_{ij})$ ，权重是在灰色评估决策中以 j 为指标的 η_j^k 。

2.7 判断聚类对象的优劣等级

求得最大 $\max_{1 \leq k \leq s} \{\delta_i^k\} = \delta_i^{k^*}$ ，判断可得，第 i 个聚类对象属于第 k^* 个灰类等级。

3 实例分析

在此以邯郸地区公共自行车服务系统实施状况为例，利用灰色聚类分析该系统的指标体系，对公共自行车服务系统实施状况进行客观全面地评价。

3.1 取得聚类白化数

通过现场实际调查、网上问卷和从公交服务公司获得的实际数据（已转化为百分制）统计如表 2。

3.2 填充聚类白化数矩阵

根据获得的实际统计数据填充白化数矩阵。

$$X = \{89, 81, 83, 79, 76, 80, 79, 86, 84, 61\}$$

3.3 计算指标

利用所构建的各灰类白化权函数，将各指标实际值和权重数据带入公式，关于不同灰类的白化权函数值和灰色聚类系数各指标即被计算出，见表 3。

由表 3 数据可以看出，系统评价各指标属于“优”“良”“中”“差”四个灰类的白化权函数值满足规范性，仔细分析表中的结果，由 $\max_{1 \leq k \leq 4} \{\delta_i^k\} = \delta_i^2 = 0.589$ 可知，总体上看邯郸地区的公共自行车服务系统建设属于“良”灰类，可以看出该公共自行车服务系统执行效果较好，但不显著；“优”灰类和“中”灰类值均较低，“优”灰类和“良”灰类差别较大，需要更加进一步优化公共自行车服务建设。从表中分析各分项指标，该系统中运行成本指标处于“优”和“良”之间，偏重于“优”灰类；交通效应指标处于“优”和“良”之间，侧重“优”灰类明显；说明这两个指标的执行（下转第 69 页）

- 1969, 19(2): 171-187.
- [7] O'REILLY M P, NEW B M. Settlements above tunnels in the United Kingdom-their magnitude and prediction[R]. 1982.
- [8] CELESTINO T B, GOMES R, BORTOLUCCI A A. Errors in ground distortions due to settlement trough adjustment[J]. *Tunnelling and underground space technology*, 2000, 15(1): 97-100.
- [9] 李鹏. 地铁盾构隧道穿跨越施工对既有越江隧道的影响机理及控制指标研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
- [10] 王建秀, 田普卓, 付慧仙, 等. 基于地层损失的盾构隧道地面沉降控制[J]. *地下空间与工程学报*, 2012, 8(3): 569-576.
- [11] 张坤勇, 李广山, 李旺林, 等. 南水北调南干渠边坡有限元稳定性分析[J]. *河北工程大学学报: 自然科学版*, 2016, 33(4): 27-32.
- [12] 纪梅, 谢雄耀. 大直径土压平衡盾构掘进引起的地表沉降分析[J]. *地下空间与工程学报*, 2012(1): 161-166.

(上接第60页)到位,基本已经达到低成本、高效应的目标。使用效率、出行方式和站点间距指标处于“良”和“中”之间,对“良”灰类较接近;消费水平属于“良”灰类;舒适程度、便捷程度和环境效应指标处于“优”和“良”之间,“良”灰类较为接近;说明这四个指标执行也较好。年龄结构指标处于“良”和“中”之间,接近于“中”灰类;意识效应指标处于“中”和“差”之间,接近于“差”灰类;说明这两个指标执行的还有一定缺陷,存在明显的不足。

4 结论

总体上看,邯郸地区的公共自行车服务系统建设属于“良”灰类,该公共自行车服务系统执行效果较好,但不显著;“优”灰类和“中”灰类值均较低,“优”灰类和“良”灰类差别较大,需要更加进一步优化公共自行车服务建设。为解决存在的问题,政府和公交公司需要为该系统做进一步宣传,增强群众的低碳环保意识;时时听取人民意见,将站点间距达到最优,真正做到公共自行车就在身边,更为便捷;定期体验和检测车身状况,保证自行车车身完整舒适,使骑行者满意选择。

通过使用灰色聚类方法分析评价邯郸地区公共自行车服务系统中发现:该服务系统在执行效果方面达到较为显著,以低成本投入获得显著效果,民众对环保措施有了进一步了解,可以为避免空气进

一步严重污染,保护环境尽一分力。且此方法简洁分明、规范易掌握;对聚类对象数据源的限制程度低;系数之间的离散性比较大,辨识度较高;适合分析评价该公共自行车服务系统。

参考文献:

- [1] 张国兴,高秀林,汪应洛,等.政策协同:节能减排政策研究的新视角[J].*系统工程理论与实践*, 2014(3): 545-559.
- [2] 李煜华,胡运权.灰色聚类法在城市公共交通发展水平中的应用[J].*数学的实践与认识*, 2006, 2(36): 125-132.
- [3] 王欢明,李鹏.城市公共自行车服务民营化供给模式比较研究[J].*中国软科学*, 2015(6): 56-66.
- [4] 朱玮,何京洋,王德.法国公共自行车系统布局方法与实证研究——以巴黎和里昂为例[J].*国际城市规划*, 2015(Z1): 64-70.
- [5] 钱佳,汪德根,牛玉.城市居民使用市内公共自行车的满意度影响因素分析——以苏州市为例[J].*地理研究*, 2014(2): 358-371.
- [6] 谷丛,王菲.杭州市公共自行车使用情况调查分析[J].*统计科学与实践*, 2010(12): 8-10.
- [7] 刘思峰,方志耕,杨英杰.两阶段灰色综合测度决策模型与三角白化权函数的改进[J].*控制与决策*, 2014, 29(7): 1232-1238.
- [8] 刘思峰,杨英杰,吴利丰,等.灰色系统理论及应用[M].北京:科学出版社, 2014: 113-139.