

基于灰色关联度的城市公交换乘枢纽评价

曹 祎, 范运超

(西南交通大学 交通运输与物流学院 四川 成都 610031)

摘要: 公交换乘枢纽是公共交通的关键环节。通过对公交换乘枢纽的系统分析,分别从硬件设施、运营管理及信息化程度选取了具有代表性的指标,建立了能有效反映城市公交换乘枢纽的评价指标体系;建立了基于灰色关联度加权法的城市公交换乘枢纽运行效率评价模型;最后,以成都3个大型公交换乘枢纽为例,计算了枢纽的各项指标的评价值并进行综合排序,实例证实了该模型的可操作性和推广性。

关键词: 交通工程; 公交换乘枢纽; 灰色关联度; 评价

中图分类号: U491.1+7 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2014)04-0068-05

大力发展优效、便捷的大容量公共交通已成为缓解交通拥挤、倡导绿色低碳交通的有效途径。常规公交是城市公共交通的核心组成部分。公交换乘枢纽是布置在一处的多条(或多种)城市公交线集中换乘的设施,其功能重点在于换乘,因此,公交换乘枢纽与传统公交首末站的主要区别是集中了停车场与车辆整备设备^[1]。然而,在进行常规公交枢纽的规划设计时,并未全面考虑换乘系统运行效率的问题。因此,有必要对常规公交枢纽换乘系统的运行效率进行全方位的评价。

公交换乘枢纽是一个非常复杂的系统,对此进行合理且客观的评价对枢纽的内部配置优化改善有重要的意义。目前有AHP法、粗糙集评价法以及灰色关联度法等多种评价方法。AHP法受主观影响较大,输出结果的可靠度低。粗糙集评价法具有很强的知识获取能力,但对数据容错性较低^[2]。灰色关联度法符合人脑的思维习惯与心理,通过一定方法去寻找各子因素之间的数值关系^[3]。选用灰色关联度法对城市公交换乘枢纽站系统的运行效率进行评价,力求评价使权重确定更直接,结果更直接。

1 构建指标体系

1.1 主要原则

构建对换乘系统运行效率评价的指标体系是向有关服务对象提供决策依据。对不同的服务对象,所期望的指标是有差异的,既要在微观上获取信息,也有在宏观上的把握;既有对枢纽站实时动态信息的需要,也要对场站交通固定静态信息的需求。单一指标无法体现系统的功效性,而需要用多层面、多方位的指标组成的指标体系来达到不同用户的标准^[4]。主要满足以下原则:

(1) 科学性原则。评价指标体系必须准确客观地描述公交换乘枢纽的基础硬件设施水平、运营及服务状态以及信息平台建设进展程度^[5]。

(2) 可比性原则。指标需具有可比性,能对相关指标进行标定与定量化处理,对于非性指标,也需有可相比较优劣的评定准则及标准。

(3) 可靠性原则。指标必须定义明确,简单实用。

(4) 协调性原则。因为体系的指标并不单一,指标之间应是兼容的,而不应出现相互矛盾的悖论情况。

DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2014.04.14

收稿日期: 2013-07-06

作者简介: 曹祎 女 1989年出生 博士研究生

1.2 指标选取

通过对城市公交换乘枢纽站系统进行实地问卷调研与测量,构建评价其运行效率的指标体系^[6],如图1所示。

1.2.1 硬件设施方面

(1) 人均换乘设施面积 S 。人均换乘设施面积可反映换乘设施对客流的接纳能力。该指标反映了旅客换乘的拥挤程度和舒适程度。若该指标太大,不仅造成资源浪费也增加了换乘时间;若太小容易造成拥挤,可定义为

$$S = S_T / P_c \quad (1)$$

式中, S_T 表示公交枢纽站的总面积; P_c 表示公交枢纽站内需要换乘的客流量。

(2) 运能匹配度 D 。运能匹配度是指某公交换乘枢纽在高峰时间内需要换乘的客流量与某条公交线路(或某种交通方式)的运载能力及其所占的比例之积的比,运能匹配度过大可能出现拥挤情况,过小会造成运输能力的浪费^[7],定义为

$$D = P_c / (\alpha_a C_a) \quad (2)$$

式中, α_a 表示第 a 条公交线路所占的比例; C_a 表示第 a 条公交线路的运载能力的客运能力。

(3) 枢纽停车设施率 K 。公交换乘枢纽与传统公交首末站的最大区别便是是否具有停车设施。该指标用以表示换乘枢纽内供以停驻功能的服务水平,用研究区域内所有枢纽内机动车、非机动车驻留设施的面积与客运枢纽的总面积之比来表示

$$K = S_s / S_T \quad (3)$$

式中, S_s 表示可以用于公交换乘枢纽内所有机动车、非机动车的驻留设施的面积。

1.2.2 运营管理方面

(1) 乘客平均换乘时间 T 。乘客平均换乘时间是指乘客在公交换乘枢纽内进行换乘行为所需的平均时间,主要由步行时间、候车时间、买票排队时间组成,反映了乘客完成整个行为所消耗的时间

$$T = \frac{\frac{1}{m} \sum_{a=1}^m L_a}{\bar{V}} + \frac{\sum_{a=1}^n T_a P_a}{\sum_{a=1}^n P_a} + \frac{\sum_{b=1}^n T_b P_b}{\sum_{b=1}^n P_b} \quad (4)$$

式中, L_a 为公交换乘枢纽站内乘客换乘第 a 种交通方式的步行距离; $\bar{V}$ 为乘客平均步行速度,取 66 m/min ; T_a 为乘客换乘第 a 种交通方式的平均等候时间; T_b 为旅客换乘第 b 种交通方式的购票时间 $a = b$; P_a 为换乘第 a 种交通方式候车的客流量; P_b 为换乘第 b 种交通方式需要购票的客流量, $\sum P_a = \sum P_b$; m 为公交枢纽换乘站内交通方式的数量; n 为研究范围内换乘方式的总数。

(2) 乘客平均换乘距离 L 。旅客平均换乘距离是指旅客完成整个换乘过程的平均步行距离

$$L = \frac{\sum_{a=1}^n Q_a L_a}{\sum_{a=1}^n Q_a} \quad (5)$$

式中, Q_a 为旅客换乘第 a 种交通方式的客流量; L_a 为旅客换乘第 a 种交通方式的步行距离。

1.2.3 信息化程度

(1) 换乘标志设置率 V 。合理的换乘标志可以及时为乘客提供准确的换乘信息。换乘标志设置率是指城市公交换乘枢纽内既有换乘标志的数量和所需设置换乘标志的数量之间的比值,该指标反映了换乘的信息化程度

$$V = \frac{R_c}{R} \quad (6)$$

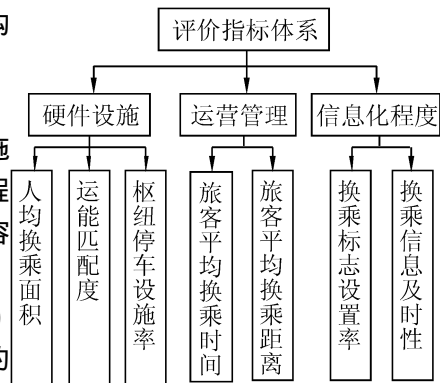


图1 评价指标体系

式中, R_e 表示公交枢纽站内已经设置的换乘标志的数量; R 表示需要设置的换乘标志数量。

(2) 换乘信息及时率。换乘信息及时率指标是用来衡量公交换乘枢纽内提供的换乘线路信息、换乘等待时间信息、换乘指示标志位置等信息是否及时反馈给旅客, 该指标无法量化, 可根据问卷调查及专家打分法等取值。

2 模型的构建与算法

2.1 模型的构建

通过实地调研、数据统计等方法得到初始评价价值, 并构建评价矩阵 $D = (d_{ij})_{m \times n}$, 由于各指标的量纲不统一, 因此令 $c_{ij} = d_{ij}/d_{ik}$ ($d_{ik} \neq 0$ 且 k 为任意值), 可对矩阵进行无量纲处理, 并得矩阵 $C = (c_{ij})_{m \times n}$ 。

选取矩阵 C 的第一列为参考列, 其余各列作为比较列, 按照式计算关联系数

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\min_i \min_j |c_{kj} - c_{ij}| + \rho \max_i \max_j |c_{kj} - c_{ij}|}{|c_{kj} - c_{ij}| + \rho \max_i \max_j |c_{kj} - c_{ij}|} \quad (7)$$

式中, ρ 是为了减小绝对差过大对结果影响, 以增大关联系数间的差异显著性而引入的分辨系数。

可计算出灰色关联度

$$v_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij} \quad (8)$$

根据上述方法选择矩阵的某列作为参考列, 其他列作为比较列, 获得评价指标两两之间的相关性指标, 可得关联性矩阵 $V = (v_{ij})_{m \times n}$, 各指标的权重可由下式计算得出

$$w_j = \frac{\sum_{k=1}^n v_{kj}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n v_{kj}} \quad (9)$$

2.2 模型算法

对于初始评价指标 $D = (d_{ij})_{m \times n}$ 作标准统一处理, 即对正性极指标有 $Z_{ij} = d_{ij}/d_{jk}$, 其中 $d_{jk} \neq 0$ 且 k 值任意选择; 对于负性极指标, 有 $Z_{ij} = d_{ik}/d_{ij}$, $d_{ik} \neq 0$ 且 k 值任意选择。

可得标准化处理后矩阵 $Z = (z_{ij})_{m \times n}$, 再综合评价指数可由权重 w_j 与标准化矩阵 $Z = (z_{ij})_{m \times n}$ 进行加权后得出

$$Z_i = \sum_{j=1}^n w_j \varepsilon_{ij} \quad (10)$$

再利用综合评价指数 Z_i 对评价指标进行排序。

3 算例分析

利用四川省《公路交通信息资源整合与综合分析系统研究》项目研究中所测数据, 主要通过实地测量与相关资料统计得出本文中所需指标参数。将成都市火车北站公交站、九里堤公交站及茶店子公交站作为公交换乘枢纽评价对象, 由于篇幅所限, 通过项目文本数据得到各评价指标初始值, 如表 1。

表 1 各评价指标初始值

换乘枢纽站	硬件设施			运营管理		信息化程度	
	人均换乘 面积/ ($\text{m}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	运能匹配 度/%	停车 设施率/%	旅客平均 换乘 距离/m	旅客平均 换乘 时间/min	换乘标志 设施率/%	换乘信息 及时性/%
火车北站公交站	3.8	71	21	88	17	68	88
九里堤公交站	1.9	92	56	29	10	81	90
茶店子公交站	2.1	102	32	30	13	84	70

对指标进行无量纲处理后, 根据式 (7)、式 (8), 可得到两两指标之间的关联度如表 2。其中, 根据最小信息原理, 取 ρ 为 0.5。

表2 各评价指标关联度

指标	人均 换乘面积	运能 匹配度	停车 设施率	旅客平均 换乘距离	旅客平均 换乘时间	换乘标志 设施率	换乘信息 及时性
人均换乘面积	1	0.45	0.55	0.75	0.79	0.48	0.63
运能匹配度	0.45	1	0.57	0.4	0.54	0.86	0.63
停车设施率	0.55	0.57	1	0.43	0.48	0.59	0.66
旅客平均换乘距离	0.75	0.4	0.43	1	0.67	0.44	0.57
旅客平均换乘时间	0.79	0.54	0.48	0.67	1	0.33	0.43
换乘标志设施率	0.48	0.86	0.59	0.44	0.33	1	0.63
换乘信息及时性	0.63	0.63	0.66	0.57	0.43	0.63	1

根据式(9)可计算出每个指标的权重值,如表3。

表3 各评价指标权重

人均换 乘面积	运能 匹配度	停车 设施率	旅客平均 换乘距离	旅客平均 换乘时间	换乘标志 设施率	换乘信息 及时性
0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15

人均换乘面积、停车设施率、换乘标志设施率及换乘信息及时性是正极性指标,其余是负极性指标。根据式(10)可计算出每个评价对象在每个指标下的评价值与综合值及排序,如表4。

表4 各评价指标的评价值与综合值

换乘站	人均换 乘面积	运能 匹配度	停车 设施率	旅客 平均换 乘距离	旅客 平均换 乘时间	换乘 标志 设施率	换乘 信息 及时性	综合 评价值	综合 排序
火车北站公交站	0.15	0.19	0.05	0.14	0.14	0.11	0.14	0.93	3
九里堤公交站	0.08	0.16	0.14	0.42	0.23	0.14	0.15	1.31	1
茶店子公交站	0.08	0.14	0.08	0.41	0.18	0.14	0.12	1.15	2

通过对城市内部公交换乘枢纽系统进行分析,筛选出能准确反映换乘系统运行效率的定量指标和定性指标。利用灰色关联度加权法评价模型,可计算得出对象的综合评价值与排序。在计算指标权重的过程中,人均换乘面积与换乘信息及时性是比较重要的指标。在算例分析中可看出,综合排序最高的是九里堤公交站,综合评价值最低的是火车北站公交站。

4 结语

常规公交是城市公共交通的骨干组成部分,其中公交换乘枢纽的运行效率极大影响了常规公交的系统功能。本文在分析公交换乘枢纽的具体内涵的基础上,分别从定性和定量角度出发,提出了评价公交换乘枢纽运行效率的指标体系,利用灰色关联度加权法建立评价模型。该模型可通过因素序列来确定影响大的主导因素,避免了主观因素的干扰,使评价结果更具有客观、科学及可操作性。此评价方法在城市公交换乘枢纽运行效率中具有便于推广的应用价值。

参 考 文 献

- [1]梅丽,邓念. 基于模糊理论的城市铁路客运站换乘衔接综合评价[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版, 2011, 24(2): 74-78.
- [2]汪江洪. 公交换乘系统研究及其评价[D]. 成都:西南交通大学交通运输与物流学院, 2006.
- [3]王婉秋,方守恩,孙道成. 基于灰色关联度的道路交通安全管理设施多层模糊综合评价[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版, 2010, 34(4): 652-656.
- [4]王志臣,王丽娟,高峰. 城市轨道交通换乘效率评价[J]. 铁道运输与经济, 2008, 30(1): 74-76.
- [5]魏群,牟瑞芳. 基于属性识别模型的城乡结合部交通安全评价[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版, 2010, 23(3): 106-110.
- [6]武荣桢,翟栋栋,郝恩崇. 城市公共交通服务满意度评价模型[J]. 交通运输工程学报, 2009, 9(4): 65-70.
- [7]张平. 铁路客运综合交通枢纽与城市交通的换乘研究[D]. 成都:西南交通大学交通运输与物流学院, 2010.

(下转第76页)

参 考 文 献

- [1] 冯绍海, 李淑庆, 谢晓忠. 交叉口人行横道通行能力研究[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(1): 20-24.
- [2] 上海市城乡建设和交通委员会. GB50688—2011 城市道路交通设施设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [3] 钱大琳, 张敏敏, 赵伟涛. 行人服务水平评价的半定量方法[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2012, 40(7): 33-40.
- [4] 董良海. 城市信号交叉口人行横道处行人通行能力研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2008.
- [5] 夏晶. 基于效率和安全的人行横道合理间距研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
- [6] 祝东进, 郭大伟, 刘晓. 概率论与数理统计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.
- [7] 蒋阳升, 胡路, 卢果. 基于排队论的地铁人性通道宽度取值方法[J]. 交通运输工程学报, 2010, 10(3): 67-71.
- [8] 李民. 马尔可夫骨架过程与 GI/G/1 排队系统[D]. 长沙: 中南大学, 2003.
- [9] 谭方彤. 商店营业厅顾客人均使用面积计算方法的研究[J]. 华中建筑, 2006, 24(10): 100-101.
- [10] 全国人类工效学标准化技术委员会. GB/T 10000—1988 中国成年人人体尺寸[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [11] 龚晓岚, 魏中华. 行人交通流自由速度模型研究[J]. 北京工业大学学报, 2009, 35(4): 493-497.

The Optimized Model of Pedestrian Crossing Width Based on GI/G/1 Queuing System

Jiang Yangsheng^{1 2 3}, Han Shifan^{1 2 3}

(1. School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Key Laboratory of Comprehensive Transportation of Sichuan Province, Chengdu 610031, China;

3. National-local United Engineering Laboratory of Integrated and Intelligent Transportation, Chengdu 610031, China)

Abstract: To improve the capacity of signal intersection pedestrian crossing and the pedestrians' safety, considering the influence of the pedestrian crossing width on pedestrian service level, this paper proposes that the typical signalized intersection pedestrian entrance and passengers flux be described as a queuing system at rush hours. The exponential distribution law of pedestrian arrival is obtained by field survey data fitting, and services follow a normal distribution law, and because the pedestrian at signalized intersections walk the line regularity with vacation properties, the queuing system is represented as the GI/G/1 queuing system with batch service. The optimized model with important constraints is built based on the busy and fallow period, providing a scientific calculation basis for the crosswalk width.

Key words: signal intersection; pedestrian crossing; exponential distribution; GI/G/1 queuing system

(责任编辑 车轩玉)

(上接第 71 页)

Evaluation of Public Transit Transfer Station Based on Grey Correlation Degree

Cao Yi, Fan Yunchao

(School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Public transit transfer station is the key point of public transportation. Through analysis of public transit transfer station, the evaluation system about transfer efficiency of public transit transfer station is established with the consideration of infrastructure, operation, and information. Then an efficiency appraisal model of public transit transfer station is established based on the synthesis gray weighted connection method. Finally, public transit transfer station in Chengdu is taken as an example, of which many targets and sorts are evaluated. The results indicate that the evaluation model is feasible and the applicable.

Key words: traffic engineering; public transit transfer station; grey correlation degree; evaluation

(责任编辑 刘宪福)