

城市轨道交通设施的进站服务水平评价分析

黎冬平^{1,2}, 晏克非¹, 许明明¹, 刘 辉¹

(1. 同济大学 交通运输工程学院, 上海 201804; 2. 上海市城市建设设计研究院, 上海 200125)

摘要: 通过对乘客的问询调查,从乘客感知角度出发,对各单个设施因素和进站总体服务水平进行评价,采用线性回归模型建立进站总体服务水平与各单个设施因素服务水平之间的数学关系,明确主要影响设施及其影响程度;而对莘庄轨道交通站进站客流的问卷数据分析表明:换乘衔接设施、站外步行环境、轨道站台、验票匝机和总步行距离为对该车站进站服务水平显著影响的 5 个因素,影响程度依次为 0.205, 0.196, 0.196, 0.140, 0.126, 与实际情况相符,证明模型具有很好的适用性,且模型可操作性强,为轨道车站服务水平的评价提供了一种很好的方法。

关键词: 服务水平; 轨道车站; 评价方法; 线性回归模型; 乘客感知

中图分类号: U 492.1

文献标识码: A

Evaluation Analysis of Arriving Level of Service for Urban Rail Station Facilities

LI Dongping^{1,2}, YAN Kefei¹, XU Mingming¹, LIU Hui¹

(1. College of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China; 2. Shanghai Urban Construction Design Research Institution, Shanghai 200125, China)

Abstract: Based on the user perceptions, the level of services (LOS) of individual components and the overall station were evaluated by surveying the passengers. The linear regression model was used to obtain a mathematical relationship between the overall arriving LOS ratings and the LOS of individual components, which could identify the main important attributes and the degree of their importance. The questionnaires data analysis of the arriving passengers in Xinzhuang rail station shows that transfer facilities, walking environment outside, rail station platform, checking in and total walking distance are the five significant impact facilities for the arriving passengers, and the degrees of importation are: 0.205, 0.196, 0.196, 0.140, 0.126, which correspond to

the actual situation, and the model proves to be of good applicability and operability. The model provides a good method for evaluating overall LOS of urban rail station.

Key words: level of service; rail station; evaluation method; linear regression model; user perceptions

城市轨道交通是轨道交通与常规公交、出租车、非机动车等多种交通方式的转换点,是城市交通系统中的关键节点.车站设施的布置和交通组织非常复杂,如何对其进行有效的评价一直是研究者关注的重要内容^[1].美国 TRB 比较系统地研究了车站步行设施的通行能力和服务水平,包括人行道、楼梯、匝机等^[2];其他学者则通过对数据调查或仿真的方法研究了对换乘设施、人行道、楼梯设施和站台等设施服务水平的确定方法^[3-7].这些研究侧重于单个设施,而轨道车站组成系统复杂,单个设施的服务状况难以反映轨道车站的总体情况,因此有学者采用层次分析法、模糊综合评价法、数据包络分析法等来评价轨道车站的服务水平^[8-11],这些方法主要是从设施供给的角度进行度量,缺乏从乘客使用的角度进行分析,且各指标的权重值往往需要通过比较矩阵获得,数据调查比较困难,难以全面地反映出轨道车站设施的总体服务水平.笔者从乘客使用感知的角度出发,通过问询调查,采用回归分析模型研究轨道车站的服务水平以及与各单个设施因素之间的关系.

1 轨道车站设施分析

轨道车站设施总体上可以分为换乘衔接设施、站厅设施以及车站内部设施 3 个部分.换乘衔接设

收稿日期: 2010-06-29

基金项目: 国家“八六三”高技术研究发展计划资助项目(2008AA11Z201)

作者简介: 黎冬平(1983—),男,工学博士,主要研究方向为城市客运枢纽规划设计与运营. E-mail: ldong_p@yahoo.com.cn

晏克非(1943—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为交通运输规划与管理. E-mail: tjyfk@hotmail.com

施包括常规公交车站、出租车上下客点、非机动车停车场以及站外人行通道等;站厅设施包括进站楼梯、大厅、售票设施等非付费区的步行设施;车站内部设施包括验票匝机、到达站台层的通道、楼梯和站台等付费区的步行设施。

从轨道车站的乘客运动方向的角度考虑,轨道车站都包括了进站客流和出站客流,而对于有轨道线路换乘的枢纽车站,还有站内的换乘客流。客流方向的不同,使用到的车站设施不同,如出站客流不需要使用售票设施,而换乘客流则只需要使用车站内部设施,不使用换乘衔接设施和站厅设施。因此,不同客流对同一个轨道车站设施的服务水平的感受会有所不同,需要分别进行研究。笔者只从进站客流的角度研究轨道车站的进站服务水平,但研究方法同样能够很好地适用于出站客流和换乘客流角度的车站服务水平评价研究。

2 服务水平评价模型

2.1 模型的提出

对于轨道车站设施进站服务水平的研究主要基于以下考虑:

(1) 乘客对于轨道车站设施的进站服务水平评价是由各单个设施因素服务水平评价所组成的加权平均值,即乘客在某个服务水平差的设施的感受可以由另外一个服务水平好的设施来弥补。因此研究重点在于确定主要影响设施及其权重值,这能够让车站的管理和设计者明确应重点关注的设施。

(2) 乘客对于轨道车站设施进站总体服务水平的评价值与各单个设施服务水平评价值是正相关的,即各单个设施服务水平的相对权重均为正值。

(3) 轨道车站设施进站总体服务水平与各设施服务水平之间存在一定的关联时,可以采用各单个设施的相对权重的多元函数来描述^[12-13]。

因此,轨道车站设施进站总体服务水平的评价模型可以表示为

$$L_{OS}(A) = \sum w_i L_{OS}(X_i) \quad (1)$$

式中: $L_{OS}(A)$ 为轨道车站设施的进站总体服务水平; w_i 为各单个设施服务水平的相对权重系数,为正值; $L_{OS}(X_i)$ 为轨道车站组成设施的服务水平。

2.2 权重系数的确定方法

确定权重系数的方法很多,包括了排序、打分和两两比较等方法。排序的方法能够很好地确定最主要的影响因素,但是对于后面的其他因素往往难以

进行量化确定;如果要求乘客对全部指标进行量化打分,乘客很难完成;而采用两两比较的方法,即层次分析法中确定权重值的方法,理论上能够比较好地获得各指标的相对权重值,但当指标比较多时,两两比较的数量将非常大,在实际调查中很难操作,数量较少的评价指标又难以全面反映出轨道车站服务水平的影响因素。

因此,考虑到既能够覆盖指标的全面性,又能方便操作,具有较好的可实施性,在进行问询调查时,从乘客感知的角度出发,让乘客对活动过程中涉及到的各设施因素的服务水平进行评价,同时回答感知到的轨道车站设施的进站总体服务水平。在此基础上,可以采用多元线性回归模型来确定各设施的相对权重系数

$$L_{OS}(A) = w_0 + w_1 L_{OS}(X_1) + w_2 L_{OS}(X_2) + \dots + w_n L_{OS}(X_n) \quad (2)$$

式中: $L_{OS}(X_1), L_{OS}(X_2), \dots, L_{OS}(X_n)$ 分别为乘客活动过程中服务水平影响设施因素的服务水平评价值; w_0 为截距; w_1, w_2, \dots, w_n 为权重值, n 为影响进站总体服务水平的设施因素个数,不同客流方向影响因素不同。

该模型为多元线性函数,能够通过自变量与因变量之间的显著性分析以调整自变量优化服务水平评价模型,以明确对总体服务水平产生主要影响的设施因素;同时各参数的权重值能够确定各设施影响程度的大小;由于总体服务水平是由各单个设施服务水平值组成的,同样可以明确具体设施的服务水平;且在向乘客进行问询调查时,乘客分别对每个设施进行回答,不需要进行设施之间的对比或排序,提高了调查的精度和可操作性。线性回归模型中的参数可以通过普通最小二乘法来获得,在本文中自变量和因变量的数据则是通过问询乘客对于各单个设施服务水平的评价值和轨道车站的总体服务水平评价值获得。

3 数据调查与分析

3.1 数据调查

基于心理测量学理论,询问不同方向乘客对于轨道车站设施相关因素的满意程度。从进站客流的角度,采用RP调查(revealed preference survey),对在轨道交通站台或刚上车的乘客,调查人员一对一地对进站乘客问询此次进站过程中各单个设施和车站设施总体的服务水平的评价。问卷的主要内容包

括:到达轨道车站的交通方式、出行的目的、携带的行李、性别、年龄以及对各单个设施和车站总体服务水平的评价.从进站客流的活动过程对轨道车站设施总体服务水平的评价研究涉及的设施因素包括:换乘衔接设施 X_1 、站外步行距离 X_2 、站外步行环境 X_3 、售票设施 X_4 、验票匝机 X_5 、楼梯/扶梯 X_6 、站内步行距离 X_7 、轨道站台 X_8 、总步行距离 X_9 、指引标识 X_{10} ,对于服务水平的评价分为5个级别:很满意(1)、满意(2)、一般(3)、不满意(4)、很不满意(5).

数据调查的地点为上海莘庄轨道车站,是1号线的南起迄站和5号线的北起迄站,有南北2个出入口,分别配置有公交首末站、出租车上下客区和非

机动车停车场.研究人员在2009年6月10日(周三)和11日(周四)对莘庄站的进站客流进行了问询调查.

3.2 数据总体情况

调查共获得进站客流的有效问卷138份,其中有66.7%的乘客为通勤出行,而33.3%的乘客为弹性出行;有87.0%的乘客携带行李不影响步行或未携带行李,而13.0%的乘客携带行李会影响到步行;有58.7%的乘客为男性,而41.3%的乘客为女性;乘客对于莘庄轨道车站各设施以及车站设施进站总体服务水平评价见表1和图1.

表1 莘庄进站客流轨道车站设施服务水平评价

Tab.1 LOS evaluation of Xinzhuang rail station facilities of arriving passengers%

评价指标	换乘衔接设施	站外步行距离	站外步行环境	售票设施	验票匝机	楼梯/扶梯	站内步行距离	轨道站台	总步行距离	指引标识	总体评价
1	9.4	8.0	5.1	11.6	11.6	7.2	7.2	5.8	8.0	17.4	6.5
2	55.8	48.6	46.4	60.1	67.4	64.5	65.2	56.5	51.4	60.1	71.0
3	32.6	37.0	42.8	26.1	18.8	24.6	26.8	29.7	37.7	18.8	21.7
4	2.2	5.8	5.1	2.2	2.2	3.6	0.7	8.0	2.9	3.6	0.7
5	0	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0

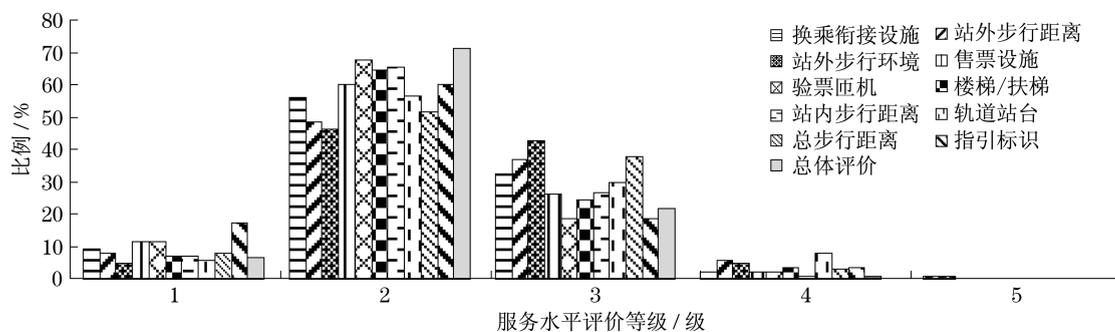


图1 莘庄轨道车站设施进站服务水平评价分布

Fig.1 Distribution of LOS evaluation of Xinzhuang rail station facilities

从表1和图1可看出,进站乘客对于各单个设施服务水平的评价并不一致,而车站设施进站总体服务水平与各设施服务水平大体上是相关的,表明式(2)的可行性,下文通过参数标定来分析相互之间的关系.

3.3 数据分析

3.3.1 变量的相关性分析

在多元回归模型中需要首先进行多重共线性诊断,即自变量间是否存在较强的线性相关关系,以避免参数的系数估计值产生偏差.用变量之间的相关系数来衡量变量之间的共线性程度,采用SPSS统计分析软件^[14]进行计算,结果如表2所示.

从表2中可以看出,各自变量之间相关性最大的为换乘衔接设施与站外步行距离,为0.32,而通过多重共线性诊断,各自变量之间不存在共线性问题.但对于模型自变量的选择,相关性不是唯一的标准,还需要进行进一步的参数的估计.

3.3.2 参数的估计

根据式(2),将莘庄轨道车站设施的服务水平依次用数值1~5来表示,将问询调查的数据进行多元线性回归,模型中各参数值从乘客的角度反映了各设施的相对重要程度.将所有的单个设施自变量进行回归分析,结果见表3所示,决定系数 $R^2 = 0.529$,统计量检验值 $F = 14.239$.其中 t 为阈值.

从结果可以看出,售票设施的相伴概率为 0.809, 为莘庄轨道车站大部分乘客使用 IC 卡,不使用售票设施且其权重参数值为负值,与基本推断不相符,这是因为设施直接进站,因此,有必要对自变量指标进行筛选.

表 2 总体评价下的自变量相关性

Tab.2 Correlation of variables at the overall evaluation

评价指标	指引标识	楼梯/扶梯	站外步行距离	站内步行距离	售票设施	轨道站台	验票匝机	站外步行环境	换乘衔接设施	总步行距离
指引标识	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
楼梯/扶梯	0.07	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0
站外步行距离	0.02	0.04	1.00	0	0	0	0	0	0	0
站内步行距离	-0.13	0.08	-0.01	1.00	0	0	0	0	0	0
售票设施	0.02	-0.13	0.00	0.09	1.00	0	0	0	0	0
轨道站台	-0.22	-0.26	0.02	0.04	-0.15	1.00	0	0	0	0
验票匝机	-0.16	-0.27	-0.17	-0.14	-0.28	0.16	1.00	0	0	0
站外步行环境	-0.14	-0.01	-0.13	-0.01	-0.17	0.05	-0.02	1.00	0	0
换乘衔接设施	-0.02	-0.05	-0.32	-0.17	-0.04	-0.12	-0.03	-0.25	1.00	0
总步行距离	-0.13	-0.02	-0.24	-0.30	-0.13	-0.22	0.14	-0.17	0.02	1.00

注: -1 表示 2 个变量之间有强负相关性;1 表示有强正相关性;零表示两者不存在线性相关性.

表 3 包含全部自变量的回归分析的参数值

Tab.3 Parameters of regression analysis with all variables

评价指标	参数值	标准误差	t 值	相伴概率
截距	0.068	0.203	0.335	0.738
换乘衔接设施	0.170	0.062	2.743	0.007
站外步行距离	0.073	0.054	1.362	0.176
站外步行环境	0.179	0.057	3.160	0.002
售票设施	-0.014	0.059	-0.242	0.809
验票匝机	0.112	0.063	1.792	0.075
楼梯/扶梯	0.021	0.058	0.372	0.710
站内步行距离	0.027	0.066	0.406	0.686
轨道站台	0.186	0.053	3.483	0.001
总步行距离	0.088	0.063	1.397	0.165
指引标识	0.057	0.053	1.084	0.280

将售票设施变量剔除后,再采用逐步分析法^[14],可以对变量进行优化选择,重新对问询调查数据进行回归分析后的结果如表 4 所示,且 $R^2 = 0.516$, $F = 28.125$.

表 4 优化自变量的回归分析的参数值

Tab.4 Parameters of regression analysis with best-fit variables

评价指标	参数值	标准误差	t 值	相伴概率
截距	0.147	0.179	0.822	0.412
换乘衔接设施	0.205	0.057	3.567	0.001
站外步行环境	0.196	0.054	3.596	0.000
验票匝机	0.140	0.055	2.559	0.012
轨道站台	0.196	0.049	4.008	0.000
总步行距离	0.126	0.056	2.234	0.027

而分析出行目的、性别以及行李与总体评价之间的关系,结果表明均无明确的显著性.因此根据表 4,可以将莘庄轨道车站设施的进站总体服务水平评

价模型式(2)优化为

$$L_{OS}(A) = 0.147 + 0.205L_{OS}(T) + 0.196L_{OS}(E) + 0.140L_{OS}(M) + 0.196L_{OS}(P) + 0.126L_{OS}(D) \quad (3)$$

式中: $L_{OS}(T)$ 为换乘衔接设施的服务水平; $L_{OS}(E)$ 为站外步行环境的服务水平; $L_{OS}(M)$ 为验票匝机的服务水平; $L_{OS}(P)$ 为轨道站台的服务水平; $L_{OS}(D)$ 为总步行距离的服务水平.

根据式(3),站外步行距离、楼梯/扶梯、站内步行距离和指引标识被剔除了,分析其原因是由于莘庄轨道车站为地面车站,换乘衔接设置均紧邻布置在周边,单纯地从站外步行距离和站内步行距离来考虑相对不长;轨道车站需上下的高差并不大,且乘客进站到达站厅并从站厅到达站台均同时配置有楼梯和扶梯;而进站方向相对单一,并有明确的指引标识指示 1 号线和 5 号线的方向.因此,从进站乘客的角度上,对这些设施因素并没有很在意,即未对进站乘客的总体服务水平产生大的影响.

对于莘庄轨道车站的进站乘客来说,最为关注的因素是换乘衔接设施,其次是站外的步行环境.乘客到达轨道车站最先面对的就是换乘衔接设施和站外的步行环境,莘庄轨道车站虽然配置了常规公交首末站、出租车上下客点以及非机动车停车场,但各种方式的流线冲突比较严重,公交乘客需跨越出租车以及其他公交线路的停靠车道,而非机动车停车设施在高峰时间供给比较紧张,停车换乘的时间较长,同时北广场的公交设施布置在建筑底层,乘客普遍反映由于噪声、空气不佳等因素感觉环境不好.换乘衔接设施的优化设计和步行环境现状并未受到规

划设计和管理者的足够重视. 轨道站台也同样是乘客比较关注的设施, 这是由于莘庄车站作为轨道线路的始发站和换乘站, 客流量很大, 而站台宽度往往排队都比较紧张, 乘客的密度大, 感觉不舒适; 而验票匝机和总步行距离由于分别是进站过程中需要等待的位置和总的过程反映, 对总体服务水平有一定的影响, 但相对权重值较低, 说明这 2 个因素总体上还是能够较好地满足客流需求, 乘客感受相差不大. 截距为 0.147, 表明了对总体服务水平评价的影响还包含一些其他的因素, 如行人的相互干扰等, 而其值比较小, 说明已经选取的 5 个设施指标已经能够较好地评价进站客流角度的莘庄车站设施的进站服务水平情况.

当然, 莘庄轨道车站的客流量很大, 本文的调查样本量比较有限, 可能未准确表征各设施因素对于车站设施总体服务水平的影响权重; 但样本数据量能够用于模型参数的回归, 并主要用于说明服务水平评价模型的应用方法, 为实际应用提供了很好的案例.

4 结语

通过对乘客的问询调查, 采用多元线性回归模型给出了轨道车站设施进站服务水平的评价方法, 从乘客感知角度反映轨道车站各单个设施服务水平及对总体服务水平的重要程度, 结合单个设施服务水平的定量设计方法, 能够让轨道车站的管理和设计者明确优先改善的重点设施, 这一点在资金等条件有限的情况下尤为重要; 同时模型的方法能够较好地应用于多个指标时服务水平评价.

以莘庄轨道车站的进站客流调查数据为案例的分析很好地说明了模型的应用方法, 也表明模型具有可操作性强、获取信息量大且实用性强的特点. 不仅能够从进站客流角度进行研究, 当采用不同的评价指标参数后, 对于出站客流和换乘客流角度模型也同样具有很好的适用性.

参考文献:

[1] Martel N, Seneviratne P N. Analysis of factors influencing quality of service in passenger terminal buildings[C]// Airport Terminal and Landside Design and Operation. Washington D C: National Research Council, Transportation Research Board, 1990:1-10.

[2] Kittelson & Associates Inc. Transit capacity and quality of service manual [M]. 2nd ed. Washington D C: Transportation Research Board, 2003.

[3] Crider Linda B, Jodi Burden, Feng Han. Multimodal Los point level of service project [R]. Florida: University of Florida. Department of Urban & Region Planning, 2001.

[4] Masamitsu Mori, Hiroshi Tsukaguchi. A new method for evaluation of level of service in pedestrian facilities [J]. Transportation Research Part A, 1987, 21(3):223.

[5] Lee J Y S, Lam W H K. Levels of service for stairway in Hong Kong Underground Stations [J]. Journal of Transportation Engineering, 2003, 129(2):196.

[6] 张驰清. 城市轨道交通枢纽乘客交通设施服务水平研究[D]. 北京: 北京交通大学交通运输学院, 2008.
ZHANG Chiqing. Study on levels of service for pedestrian facility in MTR hubs[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University. School of Traffic and Transportation, 2008.

[7] Fateh Kaakai, Said Hayat, Abdellah El Moudni. A hybrid Petri nets-based simulation model for evaluating the design of railway transit stations[J]. Simulation Modelling Practice and Theory, 2007, 15(8):935.

[8] Cai Wenxue, Guo Xiantang. The research & evaluation of urban and rural public transport networks based on AHP and the fuzzy comprehensive evaluation [C] // Logistics: The Emerging Frontiers of Transportation and Development in China. Chengdu: ASCE, 2008:699-705.

[9] 孙立山, 荣建, 任福田, 等. 客运枢纽相对换乘效率的数据包络分析[J]. 北京工业大学学报, 2007, 33(12):1289.
SUN Lishan, RONG Jian, REN Futian, et al. DEA method for evaluating the transfer efficiency of urban public transportation terminal [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2007, 33(12):1289.

[10] 陈光, 张宁, 陈晖, 等. 城市轨道交通服务水平评价体系研究[J]. 都市轨道交通, 2008, 21(6):5.
CHEN Guang, ZHANG Ning, CHEN Hui, et al. The evaluation system of LOS for urban rail transit [J]. Urban Rapid Rail Transit, 2008, 21(6):5.

[11] 向兵, 孙有望. 城市轨道交通乘客服务水平评价方法研究[J]. 城市轨道交通研究, 2008, 11(9):15.
XIANG Bing, SUN Youwang. An evaluation index system of passenger service passenger service performance of URT [J]. Urban Mass Transit, 2008, 11(9):15.

[12] de Barros A G, Somasundaraswaran A K, Wirasinghe S C. Evaluation of level of service for transfer passengers at airports [J]. Journal of Air Transport Management, 2007, 13(5):293.

[13] Correia A R, Wirasinghe S C, de Barros A G. A global index for level of service evaluation at airport passenger terminals[J]. Transportation Research Part E, 2008, 44(4):607.

[14] 罗应婷, 杨钰娟. SPSS 统计分析——从基础到实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
LUO Yingting, YANG Yujuan. SPSS statistical analysis: from basic to practice[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007.