

文章编号:1005-0523(2018)06-0041-07

基于数据分析的高铁站节假日设施适应性研究

马彩雯, 胡 畔

(大连交通大学交通运输工程学院, 辽宁 大连 116028)

摘要:针对高铁站节假日客流高峰期设施适应性不足的问题,以大连北站为例,通过对大连北站客流数据进行分析,选取“十一”客流高峰期,利用灰色预测模型对2018—2020年“十一”第1天的进站高峰小时客流量进行预测,找出进站流线中设施的瓶颈点,分析大连北站客流高峰期进站设施的适应性。分析结果表明:当前主要流线的瓶颈点为售票处A2、安检处1和安检处2;根据客流预测,至2020年,随着客流的增加,进站设施紧张状况将十分突出,售票处的客流压力最大,售票处B2的设施能力适应性最差。针对以上问题,提出了相关的改进措施。

关键词:铁路运输;适应性分析;设施能力;客流预测

中图分类号:U293.2

文献标志码:A

在节假日期间,高铁大连北站的客流量较平时明显增加,站内服务设施利用率过高,甚至出现拥挤排队现象,存在很大的安全隐患。未来几年,随着客流的不断增加,设施适应性不足的问题将更加严重。因此,对大连北站节假日客流量进行预测,探讨如何调整内部服务设施及改进设施布局以适应增加的客流需求十分必要。

国内外对于节假日设施适应性分析进行了大量研究。Flurin S H等描述了乘客在车站的推演过程,提出了设备设施的利用及服务水平的评价框架^[1]。Daamen Winnie等利用仿真软件SimPE对某城市中心车站进行了服务水平分析^[2]。Lam W H K等通过仿真模型对香港地铁站的各类设施服务水平进行了研究,提出了符合香港的服务水平标准^[3]。国内许俊等提出了基于大数据分析的相似日法,利用相似日法对枢纽站进行客流预测并进行设施分析^[4]。李得伟等利用Vissim仿真软件对北京南站的服务水平进行了分析,提出了相应的改进措施^[5]。陈绍宽等人利用M/G/C/C模型研究枢纽站通道的通行能力,并输出相应的排队参数^[6]。

本文运用灰色预测模型对大连北站节假日高峰小时客流量进行预测,依据预测结果,计算了站内设施利用率,分析了设施适应性指标,找出了导致设施适应性不足的瓶颈,提出了设施布局的改进方案。

1 大连北站节假日客流预测

1.1 节假日客流分析

节假日客流是客流的一种特殊形式,数量规模远远超出日常客流。根据节假日放假时间长度的不同,可以将节假日客流分为“3天”假期客流和“7天”假期客流^[7]。“7天”假期时间较长,客流变化规律显著,因此本文选取“7天”假期进行分析。综合大连北站2013—2017年的近5年旅客发送量相关数据,可知每年的“十一”期间为全年的进站客流高峰。选取2013—2017年“十一”期间的日旅客进站量做对比分析,如图1所示。

收稿日期:2018-05-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(11702049)

作者简介:马彩雯(1964—),女,教授,博士,主要研究方向为交通运输规划及铁路运输与管理。

对比分析可知,节前客流呈稳步上升的状态,节中第一天,即10月1日为“十一”期间的日进站客流高峰,“7天”假期内,客流趋势变化形态主要为“双峰型”。由于“7天”假期可供旅客自由支配的时间较多,旅客对于返程时间的选择随机性比较大,节后客流的回落具有平缓性,基本上没有波动,假期对平日客流的影响结束时间点是节后第1天。大连北站的进站客流较为分散,进站流线复杂,而出站客流相对平稳,流线单一,因此本文对大连北站进站客流进行预测,对进站设施的能力适应性进行分析。

1.2 灰色预测模型

灰色GM(1,1)模型是当前使用频率较高的预测模型之一,具有预测精度高、样本量小等特点。

灰色模型的精度检验一般有3种方法,即残差检验、关联度检验和后验差检验,一般最常用的是残差检验和后验差检验。

1.3 模型建立及预测结果

本文采用灰色预测模型对2018—2020年的日旅客进站量进行预测。由于灰色预测模型要求数据量不少于4个,且考虑到时间越接近的数据其影响因素越相似,因此为了提高模型预测的准确性,本文选取2014—2017年的“十一”第一天的日旅客进站量作为原始数据。

由原始序列 $X^{(0)}=(21\ 886, 31\ 227, 43\ 874, 63\ 500)$,对其做一次累加得到累加序列: $X^{(1)}=(21\ 886, 53\ 113, 96\ 978, 160\ 487)$,构成数据矩阵 B 与数据列 Y_N

$$B = \begin{bmatrix} -37\ 499.5 & 1 \\ -75\ 050 & 1 \\ -128\ 737 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_N = (31\ 227, 43\ 874, 63\ 500)^T$$

计算模型系数 a 和待辨识参数 b

$$B^T B = \begin{bmatrix} 22\ 611\ 930\ 169.3 & -241\ 286.5 \\ -241\ 286.5 & 3 \end{bmatrix}$$

$$B^T Y_N = \begin{bmatrix} -12\ 638\ 540\ 086.5 \\ 138\ 601 \end{bmatrix}$$

$$[a, b]^T = \hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N = \begin{bmatrix} -0.354\ 5 \\ 17\ 685.252\ 6 \end{bmatrix}$$

则 $a=-0.354\ 5, b=17\ 685.252\ 6$ 。

可得大连北站日旅客进站量的灰色预测模型

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 71\ 768.525\ 2e^{0.354\ 5k} - 49\ 882.525\ 2 \quad (k=0, 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

根据残差检验和后验差检验,得到检验结果见表1,可知相对误差都小于0.2,均方差比值小于0.35,小误差概率为1,因此模型的预测精度可靠,为一级,可用于大连北站日旅客进站量的预测。

根据模型对大连市2018—2020年的“十一”第一天的旅客进站量进行预测,结合调研及大连北站旅客列车到发时刻表,大连北站进站高峰小时出现在11:00—12:00,高峰小时系数为0.185,2018—2020年进站高峰小时客流量见表2所示。由表可见客流量增加迅速,至2020年设施能力问题将更加突出。

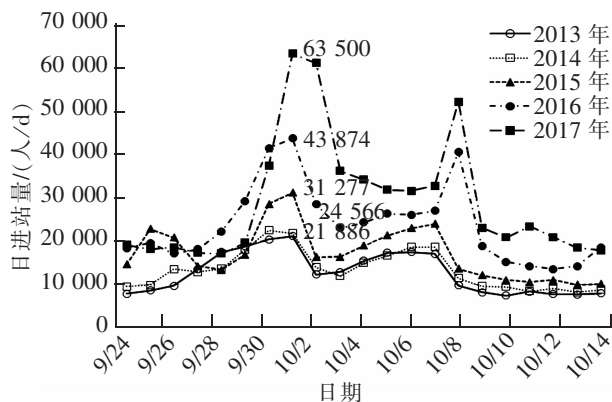


图1 2013—2017年“十一”期间的客流趋势变化图
Fig.1 Trends in passenger flows during the National Day from 2013 to 2017

表1 检验结果
Tab.1 Inspection results

指标	2014年	2015年	2016年	2017年
实际值	21 886	31 227	43 874	63 500
预测值	21 886	30 535	43 527	63 046
残差	0	691.8	347.068 3	1 453.762 9
相对误差	0	0.022 2	0.007 9	0.022 9
均方差比值	0.034 5			
小误差概率	1			

表2 2018—2020年进站高峰小时客流量
Tab.2 Passenger flow into the station during peak hours from 2018 to 2020

客流量	2018年	2019年	2020年	人
日进站量	88 445	126 075	179 716	
高峰小时客流量	16 362	23 323	33 247	

2 进站流程及设施能力

2.1 进站客流量分布

经过对2017年“十一”7天的进站高峰小时客流量进行调研,5个进站口的旅客进站比例为:出租车、私家车(南2楼):公交(南广场):地铁C口:公交车(北广场):出租车、私家车(北1楼)=2:1:3:2:2,以2020年的预测数据为例,假设该比例不变,各进站口的客流量分布如表3所示。

表3 各进站口客流量分布
Tab.3 Distribution of passenger flow at the entrance of each station

进站口	百分比	进站量/人
出租车、私家车(南2楼)	20%	6 649
公交(南广场)	10%	3 325
地铁C口	30%	9 974
公交车(北广场)	20%	6 649
出租车、私家车(北1楼)	20%	6 649
总计	100%	33 247

2.2 旅客进站流程分析

旅客到达大连北站的形式主要分为3种:地铁、公交、出租车及私家车,进站的主要流程如图2所示。

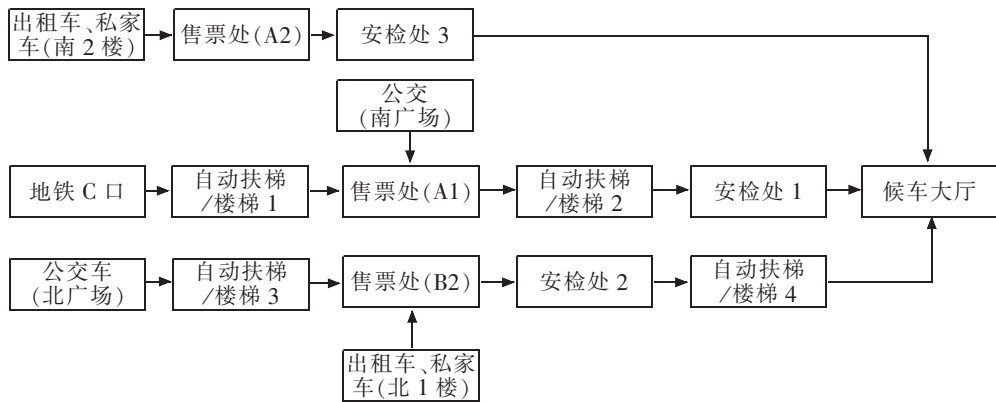


图2 旅客进站主要流程

Fig.2 Inbound process for passengers

根据进站高峰小时客流量及进站主要流程可知,2020年“十一”第1天经过各条流线相关设施的进站客流量如表4所示。

表4 2020年“十一”第1天经过各进站设施的客流量

Tab.4 The passenger flow through the facilities of each station on the first day of "National Day" in 2020

进站设施	客流量/人	进站设施	客流量/人
自动扶梯 1	9 974	售票处 A1	9 974
自动扶梯 2	13 298	售票处 B2	13 298
自动扶梯 3	6 649	安检口 1	13 298
自动扶梯 4	13 298	安检口 2	13 298

2.3 大连北站进站相关设施参数

大连北站的进站设施参数如表5所示。

表5 进站相关设施参数

Tab.5 Inbound related facility parameters

进站设施	设施编号	设施主要参数
售票设施	售票处 A1	自动售票机 15 台,人工售票窗口 9 个
	售票处 A2	自动售票机 10 台,人工售票窗口无
	售票处 B2	自动售票机 10 台,人工售票窗口无
自动扶梯	1,3	宽 1 m,高 9 m,运行速度为 0.5 m/s
	2,4	宽 1 m,高 10 m,运行速度为 0.5 m/s
楼梯	1,3	宽 2.5 m,高 9 m
	2,4	宽 2.5 m,高 10 m
安检口	1	安检机 3 台
	2	安检机 3 台
	3	安检机 4 台

3 节假日进站设施能力适应性分析

3.1 设施服务能力计算

1) 自动扶梯。

自动扶梯的服务能力指单位时间内运送行人的数目。扶梯的服务能力为:

$$Q_{\text{扶梯}}=C_{\text{理论}}(1-(0.743\ 1\eta+0.247\ 81)) \quad (2)$$

式中: $Q_{\text{扶梯}}$ 为扶梯的服务能力,p/h; η 为有行李的乘客比例; $C_{\text{理论}}$ 为当扶梯各梯级被行人站满时的理论服务能力,p/h, $C_{\text{理论}}=\frac{3\ 600VK}{0.4}$; V 为自动扶梯的运行速度,m/s; K 为宽度系数, K 取2。

通过对进站客流进行调查,显示84.25%的乘客携带行李。自动扶梯的运行速度为0.5 m/s。可得单个扶梯的服务能力约为1 135 p/h。

2) 人工售票窗口。

$$Q_{\text{人工}}=n\times\frac{3\ 600}{t} \quad (3)$$

式中: $Q_{\text{人工}}$ 为人工售票窗口的服务能力,p/h; n 为人工售票窗口数量,个; t 为乘客平均购票所需时间,s。

对进入售票口A1的客流进行调查,显示乘客在人工购票窗口的平均购票时间为47.09 s。大连北站售票处A1有人工售票窗口9个,可得单个人工售票窗口的服务能力为76 p/h。

3) 自动售票机。

$$Q_{\text{自动}}=n\times\frac{3600}{\sum_{i=1}^n p_i t_i} \quad (4)$$

式中: $Q_{\text{自动}}$ 为自动售票窗口的服务能力,p/h; n 为自动售票机的数量,台; p_i 为第*i*类乘客的比例; t_i 为第*i*类乘客购票所需时间,s。

对使用自动售票机的乘客进行调查,可知乘客主要分为两类,能熟练操作售票机的乘客和不熟悉售票机的乘客。两类乘客以38 s进行区分,熟悉自动售票机操作的乘客占71%,购票时间平均值约为29.03 s,不熟悉自动售票机操作的乘客占29%,购票时间平均值约为49.6 s。可得单个自动售票机的服务能力约为102 p/h。

4) 楼梯。

在进站过程中,人们携带行李的人较多,且进站楼梯较长,因此乘客对于自动扶梯的依赖相当明显,对于楼梯本文不予计算。

5) 安检设施。

$$Q_{\text{安检}}=n\times\frac{3600}{\sum_{i=1}^n p_i t_i}\rho \quad (5)$$

式中: $Q_{\text{安检}}$ 为安检机的服务能力,p/h; p_i 为第*i*类乘客的比例; t_i 为第*i*类乘客通过安检机的平均输出时间间隔,s; ρ 为计算安检机的服务能力时, $\rho=1$ 。

经过安检设施的乘客主要分为有行李和无行李两种,84.25%的乘客携带行李,经过安检机的平均时间为15.2 s。15.75%的乘客不携带行李,经过安检机的平均时间为2 s。

代入公式,可得单个安检设施的服务能力约为274 p/h。假设节假日高峰时段安检口全部开放,则安检口1(3台安检机),安检口2(3台安检机),安检口3(4台安检机)的服务能力分别为823,823,1 097 p/h。

3.2 节假日设施能力适应性分析

设施能力适应性指的是在一定的客流条件下,设施能力对客流的适应程度。设施能力适应性体现了客流量与设施之间的协调程度,通常采用适应性指标 λ 度量, λ 越接近1,设施的适应性就越差,其计算方法^[8]

如下

$$\lambda = \frac{Q}{C} \quad (6)$$

式中: Q 为高峰小时设施服务能力, p/h ; C 为设施理论服务能力, p/h 。

通过对 2020 年“十一”第 1 天高峰小时各设施的服务能力的预测, 可得到如下结果。

表 6 设施能力适应性对比
Tab.6 Comparison of facility capacity adaptability

进站设施	自动 扶梯 2	自动 扶梯 3	自动 扶梯 4	购票处 A1	购票处 A2	购票处 B2	安检口 1	安检口 2	安检口 3
设施服务能力 $C/(p/h)$	13 440	6 720	13 440	3 060	1 800	1 800	5 400	5 400	7 200
2017 年客流量 $Q_1/(p/h)$	2 270	2 270	2 270	2 218	1 020	1 020	823	823	1 097
2020 年客流量 $Q_2/(p/h)$	13 298	6 649	13 298	13 298	6 649	13 298	13 298	13 298	6 649
适应性指标 λ_1	0.169	0.338	0.169	0.725	0.567	0.567	0.152	0.152	0.152
适应性指标 λ_2	0.989	0.989	0.989	4.346	3.694	7.388	2.463	2.463	0.924

由表 6 分析可见, 2017 年设施适应性指标 λ_1 均未超过 1, 购票处 A1 的 λ_1 值最大, 设施的适应性最差, 所以购票处 A1 的客流压力最大。根据进站流程的五条主要流程, 当前流线的瓶颈点主要是售票处 A2, 安检处 1 和安检处 2。

到 2020 年, 除自动扶梯 2, 3, 4 及安检口 3 以外, 其他设施的适应性指标 λ_2 均超过 1, 设施的适应性很差, 不再能满足实际客流需要。三处购票处的客流压力最明显, 其中售票处 B2 的 λ_2 达到了 7.387, 将严重影响设施服务水平及乘客的舒适度。自动扶梯 2, 3, 4 及安检口 3 的适应性指标虽然没有超过 1, 但是都十分接近 1, 说明设施适应性也在不断变差。

3.3 改进方案

为适应节日高峰期客流, 满足旅客的服务需求, 提出以下建议:

- 1) 增加售票窗口, 在售票处 A2 及售票处 B2 设立人工售票窗口, 避免旅客流线的交叉;
- 2) 增设自动售票机, 同时在自动售检票机处安排技术人员辅助对机器操作不熟练的旅客, 减少购票时间, 缩短排队长度;
- 3) 开设安检口, 适当提高安检仪的运行速度, 避免行李在安检仪处积压, 或在 5 个进站口处开设安检口, 使进站旅客提前安检, 从而提高进站安检服务水平;
- 4) 通过隔离护栏或者人工疏导将安检排队形状由直线转变为折线, 安检排队区域面积有限, 以免排队乘客与其他活动人员互相干扰;
- 5) 适当提高自动扶梯速度, 避免旅客在自动扶梯前排队拥挤。

4 结论

本文构建了高铁大连北站节假日旅客进站量的灰色预测模型, 获得了 2018—2020 年高峰小时客流量。利用设施适应性指标找出了当前流线的瓶颈点, 预计到 2020 年多个设施出现能力适应性不足的问题。从而提出增加设施数量及调整设施布局的改进方案。

在流线的划分上去除了乘车当天前已取票的客流和进入商业区的客流, 该问题应在后续研究中进一步深入探讨。

参考文献:

- [1] FLURIN S H, MICHEL B, RICCARDO S. Assessing the usage and level-of-service of pedestrian facilities in train stations: A Swiss case study[J]. *Transportation Research Part A*, 2016, 89(7): 106–123.
- [2] DAMMEN W. Modelling passenger flows in public transport facilities[D]. Delft, Holland: Delft University of Technology, 2004.
- [3] LAM W H K, LEE J Y S. Levels of service for stairway in hong kong underground stations[J]. *Journal of Transportation Engineering*, 2003, 129(2): 196–202.
- [4] 许俊, 周峰, 徐瑞华. 基于数据分析的城市交通节假日客流预测[J]. *华东交通大学学报*, 2016, 33(2): 72–77.
- [5] 李得伟, 韩宝明, 李海鹰. 大型铁路客运站旅客集散微观仿真[J]. *中国铁道科学*, 2009, 30(3): 119–124.
- [6] 陈绍宽, 刘爽, 肖雄. 基于 M/G/C/C 模型的地铁车站楼梯通道疏散能力瓶颈分析[J]. *铁道学报*, 2012, 34(1): 7–12.
- [7] 夏青. 节假日铁路客流波动规律分析及其在客流预测中的应用研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
- [8] 袁敏红. 铁路枢纽客运站布局分析及客流通道能力研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.

Research on the Adaptability of Holiday Facilities at High-Speed Railway Station Based on Data Analysis

Ma Caiwen, Hu Pan

(School of Traffic and Transportation Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

Abstract: Aiming at insufficient facility capability during the peak period of passenger flow at high-speed railway stations, based on the analysis of passenger flow data from the peak period of the National Day in Dalian North Railway Station, this paper forecast the peak hour passenger flow on the first day of National Day from 2018 to 2020 by using grey forecast model to identify the bottleneck points of the facilities in the flow line of the entrance and to analyze the adaptability of the facilities in the peak period of the passenger flow in Dalian North Railway Station. The research results show that the bottleneck at the current main streamline is Ticket Office A2, Security Checkpoint 1 and Security Checkpoint 2. Besides, by 2020, with the increase of passenger flow, the tension of the station facilities will be very prominent. The ticket office will face the biggest pressure due to the worst facility capacity adaptability of the Ticket Office B2. Finally, this paper proposed some relevant counter-measures.

Key words: railway transportation; adaptability analysis; facility capacity; passenger flow forecast