

广州城市轨道交通车站客流接驳 交通方式划分改进模型

蔡涵哲¹ 林俊彦^{2,3} 王 治^{2,3} 叶霞飞^{2,3}

(1. 广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州;

2. 上海市轨道交通结构耐久与系统安全重点实验室, 201804, 上海;

3. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 201804, 上海)

摘 要 [目的] 为准确测算广州城市轨道交通车站接驳设施所需规模, 需对车站各接驳交通方式下客流的分担率进行研究并预测。[方法] 基于对广州城市轨道交通南村万博站、同和站等在不同天气状况下的进站客流接驳数据的实地调查, 在传统 MNL (多项 Logit) 模型的基础上, 考虑天气、进出站接驳特征差异的影响, 构建基于 MNL 模型的城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分改进模型, 并利用问卷调查的数据进行模型标定。[结果及结论] 模型标定结果表明, 仅接驳距离特征变量通过显著性检验, 性别、出行目的等与轨道交通接驳方式选择间不存在明显的相关性; 所研究的调查数据未捕捉到出行者年龄和接驳交通方式选择的相关性; 对同和站晚高峰进站客流的晴天和雨天接驳交通方式划分改进模型进行检验, 准确率分别达到 86.0% 和 77.2%, 说明考虑天气因素的城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分改进模型是优于传统模型的。将城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分改进模型应用于用地属性相似的目标站点, 证实了该模型在实际客流预测中的有效性与合理性。

关键词 城市轨道交通; 车站客流; 接驳交通方式划分; 改进模型

中图分类号 U293.1⁺3:U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2025.01.037

Modes at Guangzhou Urban Rail Transit Stations

CAI Hanzhe¹, LIN Junyan^{2,3}, WANG Zhi^{2,3}, YE Xiafei^{2,3}

(1. Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Rail Infrastructure Durability and System Safety, Tongji University, 201804, Shanghai, China; 3. The Key Laboratory of Road and Traffic Engineering, Ministry of Education, Tongji University, 201804, Shanghai, China)

Abstract [Objective] In order to accurately calculate the required scale of the connection facilities at Guangzhou urban rail transit stations, it is necessary to study and predict the sha-

ring rate of passenger flow under each transportation connection mode at the stations. [Method] Based on the on-site investigations of the inbound passenger flow connection data of Nancun Wanbo Station, Tonghe Station and other stations in Guangzhou urban rail transit under different weather conditions, on the basis of the traditional MNL (Multinomial Logit) model, and in consideration of the impact of weather and differences in the inbound and outbound connection characteristics, an improved model for classifying the passenger flow transportation connection modes at urban rail transit stations based on the MNL model is constructed, and calibrated by using the data from the questionnaire surveys. [Result & Conclusion] The results of model calibration indicate that only the characteristic variable of connection distance passes the significance test, and there is no obvious correlation between factors such as gender, travel purpose and the choice of rail transit connection modes. The investigated survey data fails to capture the correlation between the age of travelers and the choice of transportation connection modes. In the test of the improved model for classifying the transportation connection modes of the inbound passenger flow at Tonghe Station, on both sunny and rainy days, the passenger flow accuracy rates during the evening peak hours reach 86.0% and 77.2% respectively, showing that the improved model for the above scenario is superior to the traditional one. The improved model is applied to the target stations with similar land use attributes, confirming its effectiveness and rationality in actual passenger flow prediction.

Key words urban rail transit; passenger flow at stations; classification of transportation connection modes; improved model

随着广州社会经济的进一步发展, 城市客运交通供需矛盾将日益突出。城市轨道交通作为大运量的城市客运交通方式, 将是解决城市交通拥堵问题的重要手段。城市轨道交通虽然能够提供快捷、

准时的“站到站”服务,却不能提供“门到门”服务。由于城市轨道交通的集疏能力往往与接驳交通工具的特点和能力密切相关,因此只有当城市轨道交通与其配套的接驳交通能够协调运作时,城市轨道交通的优势才能充分体现出来。

为充分发挥各种接驳交通方式与城市轨道交通的衔接换乘功能,需要将各种接驳交通方式在城市中的使用特征研究明晰,并在预测年度进站量已知的前提下通过方式划分得到各接驳交通方式的需求量。目前,城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分可以通过多种方法完成,如分担率曲线法、函数模型法、最小损失模型等。但现阶段的划分方式中未考虑出行者进出站接驳交通方式选择肢集合的差异性,导致部分选择肢即便在预测阶段被赋予了接驳分担量,但由于用户无法选择该选择肢造成预测误差;此外,由于天气条件对接驳交通方式的选择有所影响,因此在考虑影响因素时,应分别考虑晴天和雨天对接驳交通方式选择的影响。在构建模型并计算接驳设施规模时,应基于晴天和雨天条件下各接驳交通方式分担量的较大值来进行。

在既有研究的基础上,本研究基于 MNL(多项 Logit)模型,考虑影响出行者接驳行为的因素,构建城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分改进模型。

1 城市轨道交通车站客流接驳交通方式分担率的影响因素

1.1 进站客流与出站客流接驳特征的差异性

城市轨道交通车站的早高峰客流可以细分为

两大组成部分——进站客流与出站客流,之所以需对此二者进行分别探讨,缘于它们的接驳特性存在差异,不宜混为一谈。

早高峰以通勤通学客流为主,其中的进站客流主要由居住在车站附近的居民构成,而出站客流则主要由工作岗位在车站附近的乘客构成。倘若统一处理,例如用分担率曲线进行方式划分,则进出站客流中各接驳交通方式的分担率取值将会一致,即认为各接驳交通方式的接驳特征相同,然而事实却并非如此。以私人自行车为例,出站的乘客中几乎无人能够使用私人自行车,原因在于乘客通常不能携带私人自行车乘坐城市轨道交通,同时,也很少有乘客会在单位附近的车站备有自行车以供出站后使用;相比之下,进站的乘客则不存在这样的问题。本次研究中南村万博站早高峰进出站客流接驳交通方式调查数据统计,如表 1 所示。在出站接驳客流中没有人选择私人自行车、私人电瓶车及私家车等私人接驳交通方式。因此,进行城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分时,进站乘客与出站乘客必须区别对待。

1.2 天气状况对出行者选择接驳交通方式的影响

天气状况对接驳交通方式划分的影响是一个被研究者们普遍忽略的问题。仍以自行车接驳客流为例,在雨雪天气下,由于自行车这种接驳交通方式将出行者置于非常糟糕的出行环境之中,所以在晴天选择自行车接驳的乘客中会有一些人放弃选择此接驳交通方式,转而使用其他接驳交通方式。调查发现,相较于晴天,雨天的自行车接驳客流量会大规模减少,下降了近 20%,其中大部分转移

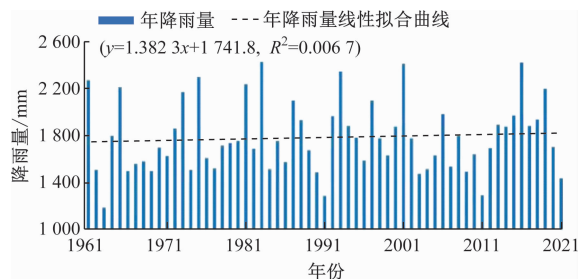
表 1 南村万博站早高峰进出站客流接驳交通方式调查数据统计

Tab.1 Survey data statistics on the connection transportation modes of the in/out bound passenger flows during the morning peak hours at Nancun Wanbo Station

项目	不同接驳距离下的客流量占比/%							
	0 ~ 1 km		1 ~ 3 km		> 3 km		合计	
	进站	出站	进站	出站	进站	出站	进站	出站
步行	92.9	90	61.0	65.0	0	0	67.4	91.0
公共汽车	0	5	2.1	5.0	46.2	100.0	4.8	4.7
私人自行车	1.8	0	7.4	0	0	0	4.8	0
共享单车	0	5	14.7	25.0	0	0	8.5	2.6
私人电瓶车	5.3	0	11.6	0	46.2	0	12.1	0
出租车	0	0	2.1	5.0	7.6	0	1.8	1.7
私家车	0	0	1.1	0	0	0	0.6	0

到步行或者公共汽车接驳中^[1]。

广州市地处珠江三角洲,濒临南海,海洋性气候特征显著,雨水资源丰富,平均年降水量约 1 800 mm,年降水天数在 150 d 左右。1961—2021 年广州年降雨量如图 1 所示。因此,以广州作为本文研究对象^[2]。



注: R^2 为相关系数。

图 1 1961—2021 年广州年降雨量

Fig. 1 Annual rainfall in Guangzhou from 1961 to 2021

2 城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分改进模型

2.1 客流接驳交通方式划分方法

本研究针对上述两个问题,对现有的客流接驳交通方式划分方法中比较常用的 MNL 加以改进。MNL 模型认为出行者是交通决策行为的最基本单位,出行者在每次的交通方式选择中总会选择对自身而言效用最大的选择肢,而出行者关于每个选择肢的效用值由其个人特性、选择肢特性及出行特性共同决定。效用公式为:

$$V_{i,n} = \alpha_i + \sum_k (\beta_{i,k} \cdot x_k) \quad (1)$$

式中:

$V_{i,n}$ ——第 n 位出行者第 i 类接驳交通方式相对于步行的效用;

α_i ——第 i 类接驳交通方式的常数项;

x_k ——第 k 个影响因素;

$\beta_{i,k}$ ——第 i 类接驳交通方式对应的变量 x_k 的系数。

通过式(1)可以求出各接驳交通方式相对于步行的相对效用,根据式(2)可得到选择各接驳交通方式的概率 $P_{i,n}$ ^[3-4]。

$$P_{i,n} = \frac{e^{V_{i,n}}}{\sum_{j \in A_n} e^{V_{j,n}}} = \frac{1}{\sum_{j \in A_n} e^{V_{j,n} - V_{i,n}}} \quad (2)$$

式中:

A_n ——出行者 n 的选择肢集合;

$V_{j,n}$ ——出行者 n 第 j 个效用确定项。

将上述模型应用于城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分问题上,其流程见图 2。

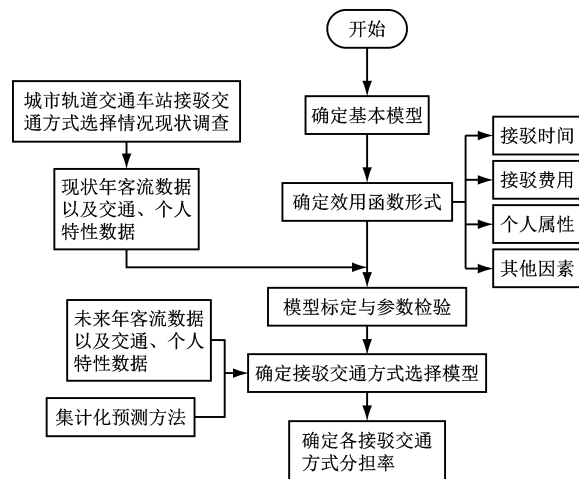


图 2 MNL 模型直接应用于接驳交通方式划分的使用流程

Fig. 2 Workflow of the MNL model directly applied to the classification of connection transportation modes

2.2 进站客流与出站客流接驳特征的差异性

进站客流与出站客流接驳特征的差异性主要体现在可供其选择的接驳交通方式种类不同。在 MNL 模型中,每个出行者的选择肢集合 A_n 可以是不同的,但对整个研究对象的母集合要定义一个对所有出行者都适用的选择肢集合 A 。为了囊括所有可能的选择肢,本次改进的 MNL 模型采用了取并集的方式:

$$A = \bigcup_{n=1}^N A_n \quad (3)$$

然而,该做法所带来的不利之处在于,虽然在标定模型时每个个体的选择肢是按照实际情况给出的,不会给出无效选择肢的相关数据,但在用于预测时,所有个体的选择肢集合都是 A ,可能会导致个体 n 在自身本无某一选择肢的情况下,由于模型的计算结果致使其阴差阳错地选择了该选择肢。虽然此类错误在现实中的存在数量,以及对最终得到的各接驳交通方式分担率的影响尚不得而知,但从理论严谨性的角度而言是不可忽视的。例如,当出行者首次使用自有交通工具完成接驳后,交通工具势必会被停放在某一个轨道交通车站或其附近的停车场,此后该出行者的出行活动中将不可能使用自有交通工具出行或者接驳,除非回到停放其自有交通工具的车站。对于一般的轨道交通乘客而言,只有从居住地出发到某一轨道交通车站以及从

该轨道交通车站回到居住地的接驳行为中可能会使用到自有交通工具。

基于以上分析,可以将接驳客流划分为两部分——基于家的接驳客流和非基于家的接驳客流。所谓基于家的接驳,指的是接驳的起终点中,一个是轨道交通车站,另一个是出行者的居住地;而非基于家的接驳,指的是接驳行为的起终点中,一个是轨道交通车站,另一个不是出行者的居住地,例如,从城市轨道交通车站前往工作单位的接驳。对这两类接驳客流进行预测时采用不同的选择肢集合。由于本次研究的数据均来源于问卷调查,样本数目较少,并且受访者关于出发地点回答的真实性难以确切验证,故本研究利用早高峰、晚高峰的调查数据分别构建模型,间接体现基于家和非基于家的出行对接驳交通方式选择肢的影响。

另外,本研究针对轨道交通乘客接驳交通方式的构成问题,在广州市多个轨道交通车站进行了多次实地调查,由于最终需对早高峰进出站客流进行方式划分,故主要在早高峰时段进行调查;但考虑到采用跟踪观察的调查方式的效率太低,所以采用问卷调查的方式,但对出站乘客进行问卷调查十分困难,因此,本研究采用以晚高峰进站乘客调查结果替代早高峰出站乘客调查结果的方式。

上述实地调查方法存在一定的误差。例如,调查发现,晚高峰进站的乘客当中,使用K+R(临停换乘)接驳交通方式的乘客不少,其大多数是由同事顺路带到轨道交通车站的;然而,可以设想,倘若这批乘客在早高峰时段出站,他们中的大多数人恐怕难以遇到恰好路过的同事,或是有人在此地等候,故而,在早高峰时段选择K+R作为出行方式的乘客数量,势必会大为减少。

但以晚高峰进站乘客的调查结果来替代早高峰出站乘客的调查结果,除了K+R这一特殊问题外,其他几种接驳交通方式的情况在总体上还是符合实际的。原因在于,早高峰时段主要以通勤、通学客流为主,对于同一个车站而言,早高峰出站的乘客绝大部分是前往车站附近工作的,而他们中的大部分人同样会在晚高峰时段使用相同的接驳交通方式进站,通过轨道交通返回居住地。

2.3 天气状况对客流接驳交通方式的影响

天气的变化会改变乘客的出行环境——诸如舒适程度、便捷性、安全性等一些很难量化的条件,从而影响到乘客对接驳交通方式的选择,尤其对步

行、自行车这类将乘客暴露在恶劣出行环境中的接驳交通方式影响较大,故有必要在城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分改进模型中充分考虑天气因素的影响。然而,天气的变化并不改变MNL模型的基本假设或者数学原理,不会影响到模型的适用性,因此仅需针对各异的天气条件,分别标定相应的接驳交通方式划分模型。具体而言,从标定模型所需数据的采集,历经模型的标定与验证环节,直至最终的预测阶段,均需依据几种典型的天气状况分别予以实施。

本次研究的问卷调查阶段,由于无雨天,故在部分站点询问受访者在雨天出行时接驳交通方式选择的意向。

2.4 城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分改进模型构建及参数标定

基于相关文献研究,接驳交通方式选择与如下因素相关:

1) 接驳距离。当接驳距离较短,小于1 km时,出行者倾向于选择步行、自行车等方式接驳;当接驳距离在1~3 km范围内时,选择步行接驳的出行者会减少,选择公共汽车、自行车、电瓶车等接驳交通方式的出行者会显著增加;当接驳距离大于5 km时,出行者倾向于选择出租车、私家车等方式接驳。

2) 年龄段。出行者年龄越大,越倾向于选择公共汽车、电瓶车等省力的接驳工具。

3) 出行目的。若出行目的为通勤、通学出行,出行者可能对准时性的要求较高,这会降低选择公共汽车为接驳工具的倾向。

4) 性别。目前相关文献通过调查和模型构建认为性别对出行者选择接驳交通方式有显著影响^[5]。

基于上述分析,本研究初步选择了出行者个人特性中的性别、年龄段、出行目的及接驳距离等特征变量来设计调查问卷并构造效用函数。

城市轨道交通车站客流接驳交通方式划分改进模型特征变量说明见表2。表2中的年龄段、性别及出行目等变量被分解成了多个分类变量。该表所列举的各特征变量仅为初步筛选结果,其是否能纳入效用函数,还需依据实际调查所得数据进行模型标定与检验,综合考量后做出取舍决定。

对广州轨道交通3号线、5号线、7号线等线路的5个站点进行早晚高峰客流数据调查,调查内容包括出行者的性别、年龄、出行目的、出发地及所选择的接驳交通方式等。为减少随机误差,采用简单

表 2 模型特征变量说明

Tab. 2 Explanation of model characteristic variables

特征变量	取值或说明
年龄段/周岁	<12、12~25、>25~60、>60
性别	男性、女性
出行目的	上班、上学、公务、娱乐休闲、生活
接驳距离/km	0~1、>1~3、>3

随机抽样的方式选取调查对象。以同和站为例,其

早晚高峰接驳交通方式及接驳距离的同和站调查结果如表 3 和表 4 所示。利用 Python 等工具采用极大似然法对该模型进行标定,初步选定接驳距离、性别、年龄、出行目的等 4 个特征变量,用以构造效用函数。在模型标定与参数检验的过程中,性别、年龄和出行目的等 3 个特征变量由于不满足显著性要求而被剔除,故最终模型只保留常数项和接驳距离用以构造效用函数。

表 3 同和站早高峰进站客流接驳调查数据统计

Tab. 3 Survey data statistics on the connection of inbound passenger flows during the morning peak hours at Tonghe Station

接驳交通方式	不同接驳距离下的样本数及其相应的客流量占比/%							
	0~1 km		>1~3 km		>3 km		合计	
	样本数	占比/%	样本数	占比/%	样本数	占比/%	样本数	占比/%
步行	88	90.70	7	29.20	0	0	95	71.00
公共汽车	2	2.10	14	58.30	13	100	29	21.60
私人自行车	1	1.00	1	4.20	0	0	2	1.50
共享单车	5	5.20	0	0	0	0	5	3.70
私人电瓶车	0	0	2	8.30	0	0	2	1.50
共享电瓶车	0	0	0	0	0	0	0	0
出租车	1	1.00	0	0	0	0	1	0.70
私家车	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4 同和站晚高峰进站客流接驳调查数据统计

Tab. 4 Survey data statistics on the connection of inbound passenger flows during the evening peak hours at Tonghe Station

接驳交通方式	不同接驳距离下的客流量占比/%							
	0~1 km		>1~3 km		>3 km		合计	
	晴天	雨天	晴天	雨天	晴天	雨天	晴天	雨天
步行	91.3	80.5	46.1	46.1	0	0	73.8	66.1
公共汽车	2.2	4.3	38.5	38.5	100.0	100.0	18.5	20.0
私人自行车	0.0	0	0	0	0	0	0	0
共享单车	2.2	0	0	0	0	0	1.5	0
私人电瓶车	0	0	0	0	0	0	0	0
共享电瓶车	0	0	0	0	0	0	0	0
出租车	4.3	15.2	0	0	0	0	3.1	10.8
私家车	0	0	15.4	15.4	0	0	3.1	3.1

注:表 4 中含雨天条件下的客流接驳交通方式意向调查。

通过模型标定结果绘制同和站晚高峰晴天和雨天进站客流不同接驳交通方式分担率曲线,见图 3 和图 4。对同和站晚高峰进站客流晴天和雨天模型进行检验,模型命中率如表 5 和表 6 所示。由表

5 和表 6 可见:晴天和雨天模型整体命中率分别为 86.0% 和 77.2%。其中:由于样本数量较多,步行选择肢的命中率较高;其余选择肢样本数量过少,无足够数据对系数进行标定,故选择肢命中率较低。

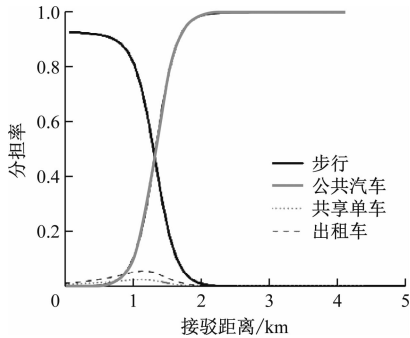


图 3 同和站晚高峰晴天进站客流不同接驳交通方式分担率曲线

Fig. 3 Sharing rate curve of different connection transportation modes for the inbound passenger flow on sunny days during the evening peak hours at Tonghe Station

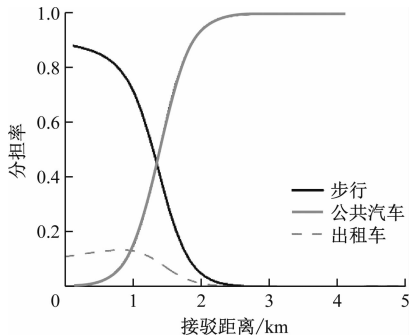


图 4 同和站晚高峰雨天进站客流不同接驳交通方式分担率曲线

Fig. 4 Sharing rate curve of different connection transportation modes for the inbound passenger flow on rainy days during the evening peak hours at Tonghe Station

表 5 同和站晚高峰进站客流晴天接驳交通方式划分改进模型标定结果

Tab.5 Improved model calibration results for classifying the connection transportation modes on sunny days for the inbound passenger flow during the evening peak hours at Tonghe Station

选择肢	特征变量	变量系数	t 值	P 值	选择肢命中率/%
步行					97.9
公共汽车	接驳距离	6.68	2.553	0.011	33.3
	α_i	-8.79	-2.959	0.003	
共享单车	接驳距离	1.34	0.427	0.669	0
	α_i	-4.85	-1.794	0.073	
出租车	接驳距离	1.63	0.717	0.474	0
	α_i	-4.39	-2.187	0.029	

注： t 值为检验统计量； P 值为判定假设检验结果的参数；整体命中率为 86.0%。

表 6 同和站晚高峰进站客流雨天接驳交通方式划分改进模型标定结果

Tab.6 Improved model calibration results for classifying the connection transportation modes on rainy days for the inbound passenger flow during the evening peak hours at Tonghe Station

选择肢	特征变量	变量系数	t 值	P 值	选择肢命中率/%
步行					97.6
公共汽车	接驳距离	4.15	2.722	0.006	28.6
	α_i	-6.08	-3.368	0.001	
出租车	接驳距离	0.39	0.326	0.744	0
	α_i	-2.08	-2.227	0.026	

注：整体命中率为 77.2%。

3 案例分析

沙溪站位于沙溪大道与华南快速干线交界处，规划为广州轨道交通 18 号线的车站。车站所在区域沙溪村全村总面积约为 333.33 hm^2 (5 000 亩)，设有规模宏大、品类多样的商业批发市场、住宅等，用地充裕，具有配置接驳设施用地的条件。由于沙溪站周围用地规划和同和站相似，故本研究采用同和站接驳交通方式分担率模型的标定结果预测沙溪站的接驳需求。

3.1 车站客流影响范围的确定及地块划分

根据沙溪站的地理位置，确定其客流影响范围。由于接驳距离影响接驳交通方式的选择，且接驳设施的规划需参考来自不同方向出行者的数量，需对影响范围内的地块进行划分。地块划分的原则如下：

- 1) 根据地块所处象限及车站周围主要道路的走向对地块进行初步切割。
- 2) 依据用地属性对地块进行划分。原则上，不同类型的用地隶属于不同地块，但划分地块的面积不能过小。
- 3) 依据问卷样本中距离轨道交通车站较远地块的出现频率框定地块划分边界。若问卷调查中存在一定数量的样本来自于该地块，则应将该地块加以划分。

若存在大面积同类型的地块，应依据乘客实际的出行路径对地块进行适当分割。例如，大型居住小区应根据小区的出入口位置、乘客汇入轨道交通站点的主要道路对小区进行划分。

3.2 接驳客流需求预测

本研究以同和站的调查数据为基础,根据各地块的接驳距离以及居住人口数量,估计沙溪站各地块的早高峰轨道交通进站客流贡献率。客流接驳需求的预测相关数据包括各地块的居住人口规模数量、预测年度高峰小时进站量等。人口规模数据通过 Worldpop 人口数据库进行分割并统计而得。

利用同和站客流晴天和雨天的接驳交通方式划分改进模型对沙溪站各地块的进站客流进行划分,可以得到各地块、各接驳交通方式下的客流分担量,在此基础上综合选取所需的客流量估算设施规模。首先,基于调查问卷的结果,对各地块的早高峰轨道交通进站客流贡献率进行计算,计算结果见表 7。其中,接驳距离为地块形心至车站的路网距离。

表 7 沙溪站影响范围内各地块的早高峰轨道交通进站客流贡献率

Tab.7 Contribution rate of the rail transit inbound passenger flow during the morning peak hours for each plot within the influence range of Shaxi Station

地块名称	居住人口数量/人	接驳距离/km	早高峰轨道交通进站客流贡献率
广州金座	2 717	0.25	0.157 658
沙溪二村	2 727	0.30	0.150 944
广州金座西	3 191	0.51	0.140 781
毓贤路东	2 322	0.23	0.137 221
东华路	1 543	0.35	0.081 281
酒店用品博览城	1 156	0.31	0.063 368
沙溪五金商贸城	6 227	1.20	0.044 885
沙溪三村	1 252	0.78	0.037 153
北帝西路幸福北路	1 448	0.91	0.032 900
新丰汽配	427	0.10	0.028 203
幸福北路老涌路	773	0.71	0.025 833
乐发仓库	587	0.53	0.025 269
三村北街	699	0.74	0.022 239
沙溪东商业街	1 335	1.10	0.016 764
沙溪村	436	0.65	0.015 970
宝南仓库	649	1.10	0.008 150
北帝东路老涌路	229	0.99	0.004 223
北帝庙	192	0.93	0.004 157
珠江花园	416	1.20	0.002 999

沙溪站初期(2023 年)、近期(2030 年)、远期(2045 年)早高峰进站客流预测值分别为 2 361 人次、3 039 人次及 3 858 人次,将进站客流量与各地块对应的客流贡献率相乘便得到车站与各地块间的接驳交通量。

由于车站客流接驳交通方式划分改进模型中只保留了接驳距离这一特征变量,将各地块的接驳距离代入同和站客流早高峰接驳交通方式划分改进模型,可以得到各地块各接驳交通方式的客流量,如表 8 所示。

表 8 沙溪站各接驳交通方式的早高峰客流需求预测结果
Tab.8 Forecast results of the passenger flow demands during the morning peak hours for each connection transportation mode at Shaxi Station

接驳方式	客流量/人次		
	初期	近期	远期
步行	2 179	2 805	3 561
公共汽车	53	69	86
私人自行车	10	12	16
共享单车	94	121	154
私人电瓶车	14	18	23
出租车	11	14	18
总计	2 361	3 039	3 858

在此基础上对沙溪站远期各象限各接驳交通方式的接驳客流需求进行预测,见表 9。

表 9 沙溪站各象限远期各接驳交通方式的早高峰客流需求预测结果

Tab.9 Forecast results of the morning peak hour passenger flow connection demands for each connection transportation mode in each quadrant of Shaxi Station in the long term

象限	不同接驳交通方式的客流量/人次					
	步行	公共汽车	私人自行车	共享单车	私人电瓶车	出租车
一	345	11	2	15	3	2
二	2 013	23	5	86	8	9
三	1 101	4	1	43	2	2
四	102	48	8	10	10	5
总计	3 561	86	16	154	23	18

4 结论

1) 依据进出站接驳交通方式选择肢差异、天气

等因素,改进了基于 MNL 模型的城市轨道交通车站接驳交通方式划分模型。该模型中仅接驳距离一个特征变量通过显著性检验,性别、年龄段及出行目的等因素最终不纳入模型的特征变量集。究其原因:若接驳距离小于 1 km,出行者倾向于选择步行、自行车等接驳交通方式;出行距离越长,出行者越倾向于选择公共汽车、出租车、电瓶车等接驳交通方式,故接驳距离对接驳交通方式选择有显著影响;除此之外,性别、出行目的等与出行方式选择间不存在明显的相关性;出行者年龄越大,越倾向于选择公共汽车、电瓶车等接驳交通方式,这符合认知,但本次研究的调查数据未捕捉到出行者年龄和接驳交通方式选择间关系的显著性。

2) 对同和站晚高峰进站客流晴天和雨天接驳交通方式划分改进模型进行检验,准确率分别为 86.0% 和 77.2%,其中部分选择肢由于调查样本较少未能对模型中变量系数进行准确标定,故准确率较低;基于预测年度客流进站量、居住人口分布等数据,利用上述模型对目标站点的客流接驳需求进行预测,为接驳设施规模测算提供基础。

参考文献

[1] IEDA H, KATO H. A Model of bicycle-user's behavior in access-

transport to railway station[J]. Journal of the City Planning Institute of Japan, 1995, 30: 643.

[2] 广州市气象局. 2021 年广州市气候公报[R]. 广州:广州市气象局, 2021.

Guangzhou Meteorological Bureau. Climate report of Guangzhou in 2021[R]. Guangzhou: Guangzhou Meteorological Bureau, 2021.

[3] 叶霞飞, 顾保南. 轨道交通线路设计[M]. 上海: 同济大学出版社, 2010.

YE Xiafei, GU Baonan. Rail transit line design[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2010.

[4] 关宏志. 非集计模型: 交通行为分析的工具[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

GUAN Hongzhi. Disaggregate model: tools for traffic behavior analysis[M]. Beijing: China Communications Press, 2004.

[5] 杨惠婷. 城市轨道交通站点接驳方式选择研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.

YANG Huiting. Research on the access-egress mode choice of urban rail transit stations [D]. Nanjing: Southeast University, 2018.

· 收稿日期:2022-09-17 修回日期:2022-11-01 出版日期:2025-01-10

Received:2022-09-17 Revised:2022-11-01 Published:2025-01-10

· 第一作者:蔡涵哲,高级工程师,caihanzhe@ dtsjy. com

通信作者:林俊彦,硕士研究生,oceanjustinlin@gmail. com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 197 页)

YAO Yanhong, XIA Dun. Motivation of collaborative innovation—collaborative surplus: formation mechanism and promotion strategy [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2013, 30(20): 1.

[8] 国家知识产权局. 国际专利分类表(2024.01 版) [EB/OL]. (2023-11-10) [2024-09-12]. https://www.cnipa.gov.cn/art/2023/11/10/art_3161_188497.html.

State Intellectual Property Office. International patent classification list (2024.01) [EB/OL]. (2023-11-10) [2024-09-12]. [https://](https://www.cnipa.gov.cn/art/2023/11/10/art_3161_188497.html)

www.cnipa.gov.cn/art/2023/11/10/art_3161_188497.html.

· 收稿日期:2022-11-29 修回日期:2023-01-11 出版日期:2025-01-10

Received:2022-11-29 Revised:2023-01-11 Published:2025-01-10

· 第一作者:谢璦卿,硕士研究生,1923521334@qq. com

通信作者:任声策,教授,renshengce@ tongji. edu. cn

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 203 页)

[10] 谢承旺, 张飞龙, 陆建波, 等. 一种多策略协同的多目标萤火虫算法[J]. 电子学报, 2019, 47(11): 2359.

XIE Chengwang, ZHANG Feilong, LU Jianbo, et al. Multi-objective firefly algorithm based on multiply cooperative strategies [J]. Acta Electronica Sinica, 2019, 47(11): 2359.

· 收稿日期:2022-09-13 修回日期:2022-10-13 出版日期:2025-01-10

Received:2022-09-13 Revised:2022-10-13 Published:2025-01-10

· 第一作者:邓澄远,工程师,dengchengyuan@ dtsjy. com

通信作者:朱昌锋,教授,cfzhu003@163. com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license