基于 Pathfinder 软件平台的轨道交通环境人机交互分析方法

李伟湛，杨先英
（重庆交通大学，重庆 400074）

摘要：目的 为了解轨道交通环境中不同特征的乘客群体的通行规律，以及人机交互的情况。**方法** 通过调研，获得乘客参数。设定同一乘客群体数量的不同特征参数，利用 Pathfinder 软件平台，在现有的轨道交通环境中进行计算机仿真分析。**结论** 通过多组实验数据的统计分析，获得了一种乘客通行情况及时间变化的表征方法，提出有效通行时间的概念，揭示了乘客群体的通行时间变化的规律，为轨道交通环境设施的设计、管理、运营提供了参考依据。

关键词：人机交互；轨道交通；乘客行为；仿真
中图分类号：TB472　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-3563(2019)02-0167-05
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.02.030

Analysis Method for Human-computer Interaction in the Rail Transit Environment Based on Pathfinder

LI Wei-zhan, *YANG Xian-ying*
(Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

ABSTRACT: The work aims to figure out the evacuation rule of passengers with different characteristics in the rail transit environment and the human-computer interaction. Passengers' parameters were obtained through investigation. Different characteristic parameters of the same number of passengers were set, and computer simulation analysis was carried out in the existing rail transit environment with Pathfinder software platform. Through the statistical analysis of several groups of experimental data, a method to characterize passengers' passing situation and time changes is obtained, and the concept of effective passing time is put forward, which reveals the change law of passengers' passing time, and provides a reference for the design, management and operation of facilities in the rail transit environment.

KEY WORDS: human-computer interaction, rail transit, passenger behavior, simulation

轨道交通是城市发展的重要标志与基础设施。在人流密集的轨道交通环境中，人群的行为与环境的交互关系成为交通管理运营的重要关注点。人机交互关系反映了乘客流通的内在规律。在同一环境中，不同特征的乘客的通行过程存在差异，而相同特征的乘客在不同环境中的通行过程也存在差异，这表明乘客与环境及设施存在一种动态变化的互动关系。国内外学者 Santofimia. MJ、张琦、鲁放等人进行了相关研究，如建立通行网图辅助分析乘客行为[1]；以元胞自动机模型为基础，建立了面向地铁枢纽环境的乘客行为仿真模型[2]；设置辅助目标点，解决行人与环境之间动态避碰和绕行问题[3]；提出了城市轨道交通乘客的概念等[4]。可见乘客的行为本身具有特定性和特征性。

笔者对现有轨道交通环境的乘客情况进行了观察、统计，对环境空间尺寸、设施进行了实地测量，利用计算机辅助方法进行了仿真分析，观察指定环境

收稿日期：2018-09-12
基金项目：重庆市教委项目（KJ1500525）；重庆市基础与前沿研究计划项目（cstc2017jcyjAX0248）
作者简介：李伟湛（1980—），男，广东人，硕士，重庆交通大学副教授、硕士生导师，主要研究方向为工业设计方法、计算机辅助设计、产品创新方法。

下的有效疏散时间，研究不同特性的乘客在该环境中的交互关系与规律，为高效率、人性化的交通管理及良好的人机交互环境设施的设计提供参考。

1 乘客行为观察

笔者对重庆市轨道交通的环境如两路口、牛角沱、小什字、重庆北站等多个站点进行了调研观察，发现乘客人员疏散及通行过程表现出不同的特征。在站厅的环境中，出口闸机的方向与乘客人流通行方向的角度对乘客疏散通行有不同的影响，因此，选定人流量大、环境复杂的四公里轻轨站厅对其进行分析。考虑通行环境的特点，本文选择了通行方向与出口方向不一致的局部站厅进行了研究。此类站厅在乘客通行过程中，易产生人员叠加、视线阻挡、阅读速度减慢、通行阻碍等复杂状况，具有典型性。

1.1 行为记录

笔者对选定的轻轨站进行观察记录，实地调研见图 1。统计乘客出站时的通行时间、人数、速度、密度、通过闸机分布情况等，为后面的计算机仿真提供参数依据。

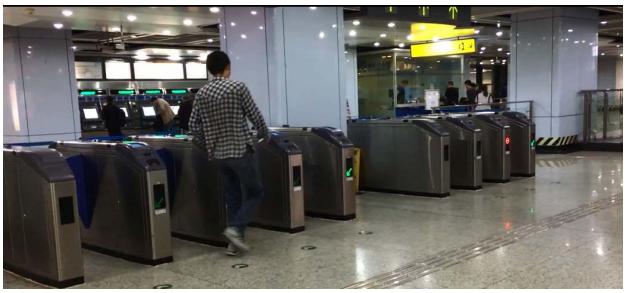

图 1 实地调研
Fig.1 The photo in the spot

1.2 乘客行为数据统计

选择 18 点后高峰期的几个时间点进行统计，获得的各时间点人员疏散状况统计见表 1。

表 1 各时间点人员疏散状况统计
Tab.1 The passengers in different time

时间	总人数/人	平台疏散时间/s	人员密度（人/m^2）
18:34	67	42	2.4
18:38	75	52	2.8
18:44	45	55	2

继续选择该站台中人流量较大的出站闸机的通行情况进行统计，总通行人数为 33 人，通行时间 60 s。每个出口闸机的通行情况见表 2。

表 2 闸机的通行情况
Tab.2 The passengers passing through the gates

闸口 1	闸口 2	闸口 3	闸口 4	闸口 5	闸口 6	闸口 7
10 人	9 人	6 人	3 人	3 人	0 人	2 人

该站厅位置出站闸机的排列方向与乘客从站台通行站厅的方向平行，因此在出站方向，乘客在闸机通行时，视线容易受阻，进而影响了前行的预判，造成局部人流停滞，这反映了乘客与环境的交互互动特征。文章对闸机的通过时间作了统计，发现不同的人群在通过闸机时花费时间差异较大。在乘客类型中，经常乘坐轨道交通的乘客，比较熟悉环境及相关信息提示，对设施的界面解读较快，因此其通行时间较短。不经常乘坐轨道交通或携带行李、陪同老幼的乘客对环境、设施、前方人流等因素较为敏感，容易受到影响，因此其通行时间稍长[4]。对乘客通过闸机所需的时间统计见表 3。得出平均通过闸机时间约为 3 s。

表 3 闸机通过时间情况
Tab.3 The passing time

采集样本	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5	样本 6	样本 7	样本 8
通过时间/s	6	2	3	3	2	4	3	2

通过系列观察与数据统计，本文获得了乘客行为的各项参数，这些参数将在仿真实验中进行设定。

2 轨道交通环境及其人机交互关系

2.1 环境实地测量与数据构建

笔者对重庆四公里轻轨的站台站厅进行了实地测量，获得了尺寸数据，利用计算机软件绘制了平面布局图，见图 2。图中标出了乘客出入站通行的方向，蓝色为出站人流方向，红色为进站流动方向。由于站厅两个出口位置距离较远，所以可视为独立的出口。经过比对，选择环境较为复杂的一个区域，研究乘客出站与该环境的交互关系[5]。

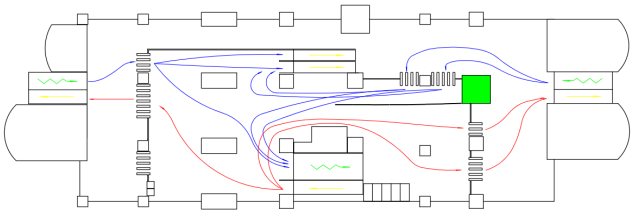

图 2 站台站厅的平面布局
Fig.2 Plane layout of platform and platform hall

笔者选择了局部站厅进行针对性的分析实验，将前面绘制好的平面布局图导入 Pathfinder 软件平台，

再根据平面布局图进行可用于该软件仿真的内部数据模型构建，计算机仿真数据见图 3。

2.2　乘客与轨道交通环境的交互关系

乘客群体在轨道交通环境中的通行过程受不同类型乘客的特征及环境特点的影响，从而产生不同的通行形态。该形态表现为有效通行的时间、通行过程的人员流动轨迹变化、乘客通行数量的变化情况等。同一环境，乘客数量少，速度恒定，两名乘客之间距离也较远，后面的乘客有充足的时间进行预判，因此通行效率高，时间短；而当乘客数量增加时，乘客群体在环境通行疏散过程的转弯、停滞、观察等行为及通行环境的特点将在乘客群体内部产生叠加的影响，进而在环境中产生不同的过程形态。笔者将这种过程形态描述为乘客与轨道交通环境的人机交互关系，该关系表明了乘客群体与环境的交互特征，也是当前轨道交通研究的热点问题。这种特征规律需要进行长期大量的分析观察才得以揭示，笔者利用专业的计算机仿真软件平台辅助的手段对既定的轨道交通环境的通行情况进行分析。

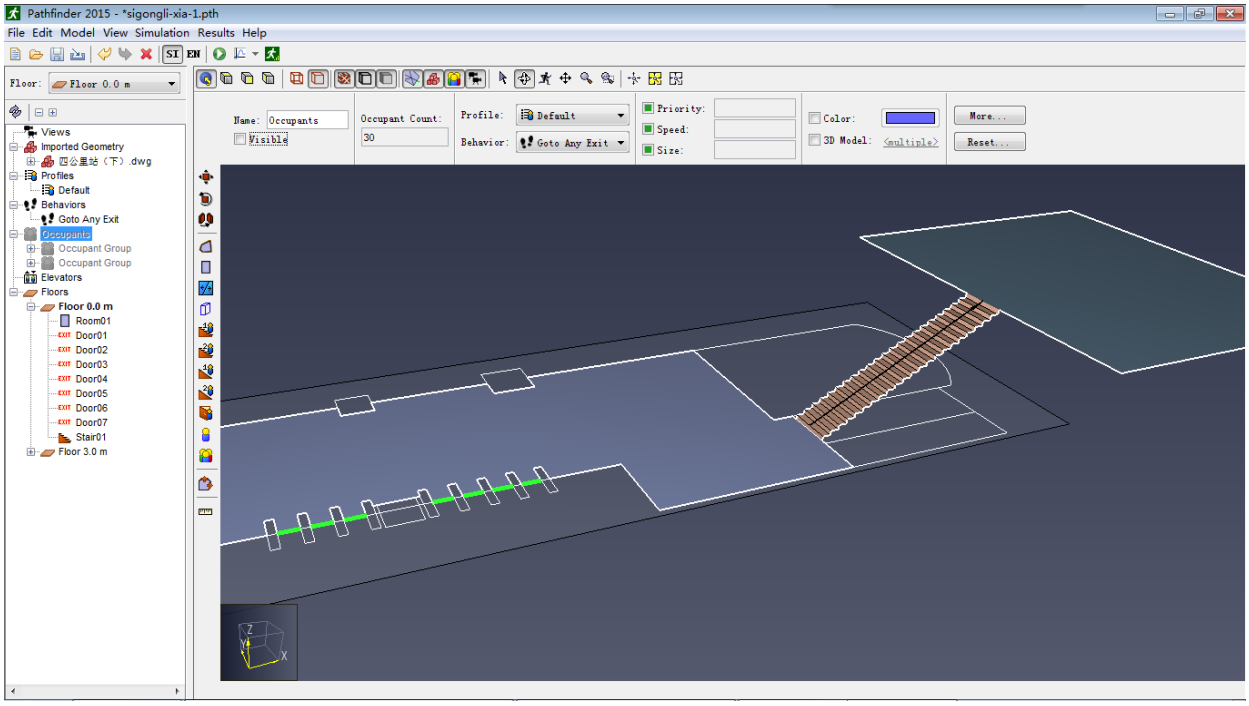

图 3　计算机仿真数据
Fig.3 The computer data

3　仿真实验

本文根据实地观察调研的情况，设计了相同乘客人数的不同整体通行速度的实验，目的是观察人员在该环境中通行过程行为形态与时间的变化关系，了解该环境中乘客通行过程与环境、设施的互动规律[6]。

3.1　实验设计

根据此前的调研，乘客行走速度范围为 0.5~2.5 m/s，因此，实验分别设定 0.5 m/s、1 m/s、1.5 m/s、2 m/s、2.5 m/s 等不同的通行速度；同时，实验设定 45 名乘客。乘客人群从画面右侧向左侧通行，先通过下行楼梯，再向中间的闸机群出站。

3.2　参数设定

根据此前调研采集的信息情况，本文对实验中人群的个体特征参数进行统一的设定，分别是：加速度 1.1 m/s，拥挤停留时间 1 s，拥挤冲突响应时间 1.5 s，平均投影截面 46 cm^2，仿真平面见图 4。乘客对出口选择为就近，即有闸机出口闲置则出站。本文通过对参考文献的归纳整理，认为有效通行（疏散）时间是反映轨道交通环境通行效率的一个重要指标参数，即是从第一名乘客离开指定环境空间到最后一名乘客离开的时间。在本实验中，有效通行时间是第一名乘客通过闸机到最后一名乘客通过闸机的时间。仿真三维见图 5。

3.3　实验结果

在 Pathfinder 软件平台中，进行了多次通行疏散的仿真实验，经过多次运算，获得了多组实验数据，选取了 5 组数据进行统计，见图 6—10。如第一组的实验，45 名乘客在实验原始时间从站台向站厅通行出站，在 45 s 第一名乘客通过闸机，最后一名乘客通过闸机是 143 s，可得其有效通行时间为 97 s。

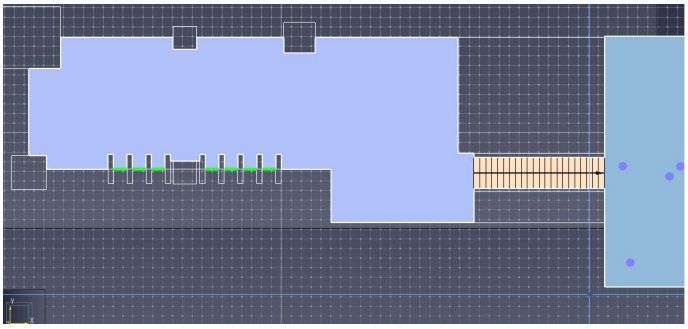

图 4 仿真平面
Fig.4 The plane view

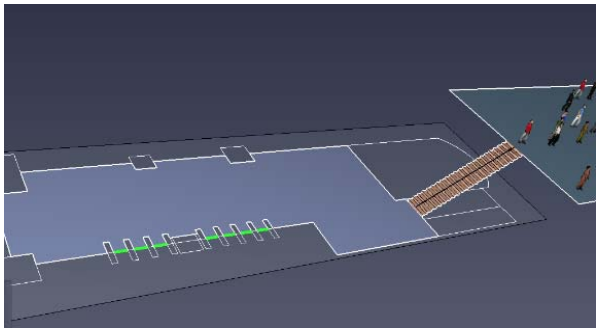

图 5 仿真三维
Fig.5 The 3D view

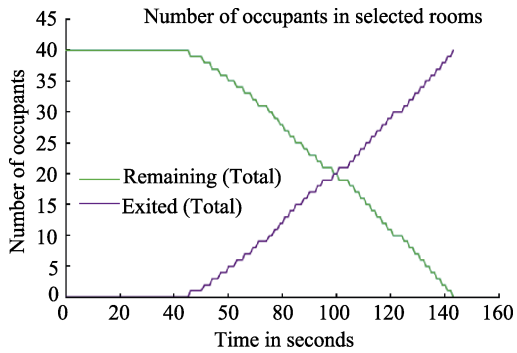

图 6 平均速度 0.5 m/s 的疏散情况
Fig.6 The passing result of the 0.5 m/s speed

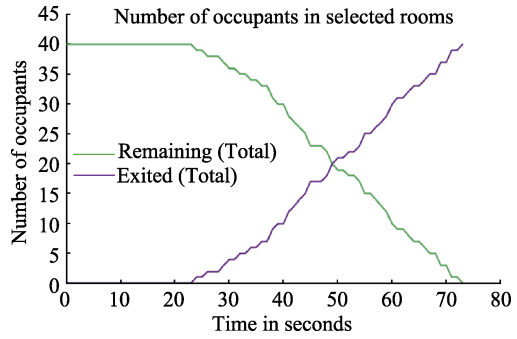

图 7 平均速度 1 m/s 的疏散情况
Fig.7 The passing result of the 1 m/s speed

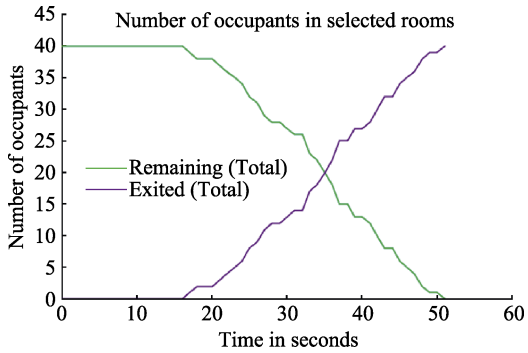

图 8 平均速度 1.5 m/s 的疏散情况
Fig.8 The passing result of the 1.5 m/s speed

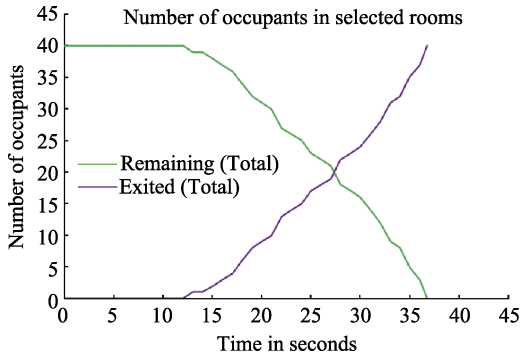

图 9 平均速度 2 m/s 的疏散情况
Fig.9 The passing result of the 2 m/s speed

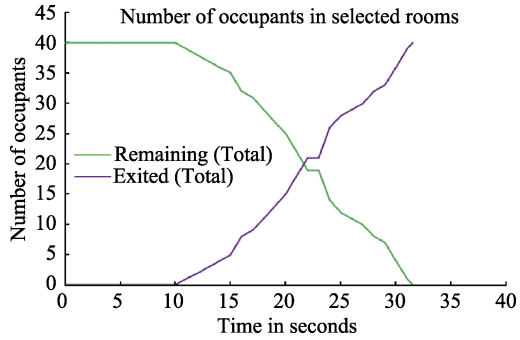

图 10 平均速度 2.5 m/s 的疏散情况
Fig.10 The passing result of the 2.5 m/s speed

3.4 实验结果分析

整理实验结果生成统计表，获得不同速度有效通行时间的数值，通行速度时间变化表见表 4。

表 4 通行速度时间变化表
Tab.4 The relationship of time and speed

通行速度（m/s）	有效通行时间/s
0.5	97.2
1.0	51.8
1.5	37.5
2.0	29
2.5	23.5

将上述数值输入 Windows 的 Excel 软件，通过拟合计算，获得不同速度与时间变量的变化图表与函数公式，即 $y = -34.04x + 98.86$，疏散速度时间变化关系见图 11。

x 表示乘客群体的平均通行（疏散）速度，y 表示该乘客群体有效通行时间，表明了乘客群体在不同

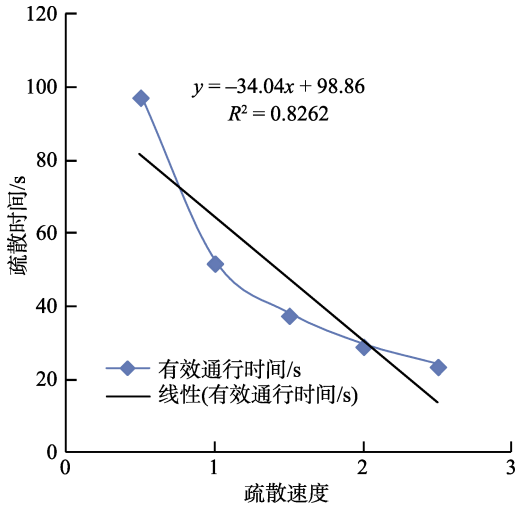

图 11　疏散速度时间变化关系

Fig.11 The relationship of passing time and speed

通行速度下进行出站所需时间的变化规律。当乘客通行或疏散速度逐步增加时，所需的有效时间减少。乘客的个体、群体行为特征是一个较为复杂的因素[7−10]，在不同的环境，通行疏散的规律不同。通行线路上的环境设施变化对乘客的通行也会产生不同程度的影响，可利用计算机辅助软件对轨道交通的各种环境进行相关实验，了解该环境中乘客通行的效果及人机交互关系。

4　结语

在轨道交通环境中，乘客的通行行为与环境设施的人机交互关系是一个系统、复杂的问题，也是当前研究的难点。本文对现有环境的乘客通行情况进行了分析，获得一种轨道交通环境通行效率的表达方法，为轨道交通的管理、运营提供了参考依据。由于研究时间有限，所以笔者还未能对站厅环境、乘客个体、群体行为特征进行更详细的量化或参数化，未能更精确地描述乘客群体与环境的交互关系，团队对此将继续进行深入研究。

参考文献：

[1] SANTOFIMIA M J, MARTINEZ D R, HONG X. Hierarchical Task Network Planning with Common-sense Reasoning for Multiple-people Behaviour Analysis[J]. Expert Systems with Applications, 2017(69): 118—134.

[2] 张琦，韩宝明，李得伟. 地铁枢纽站台的乘客行为仿真模型[J]. 系统仿真学报. 2007, 19(22): 5120—5124.
ZHANG Qi, HAN Bao-ming, LI De-wei. Modeling and Simulation of Passenger Behavior in Platform of MTR Stations[J]. Journal of System Simulation, 2007, 19(22): 5120—5124.

[3] 王爱丽，董宝田，尹彪，等. 大型铁路客运枢纽的乘客行为仿真模型[J]. 交通运输系统工程与信息，2012, 12(5): 155—161.
WANG Ai-li, DONG Bao-tian, YIN Biao, et al. Model and Simulation on Passenger Behaviors in Comprehensive Railway Passenger Hubs[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2012, 12(5): 155—161.

[4] 鲁放，韩宝明，蔡晓春. 城市轨道交通常乘客行为研究[J]. 城市轨道交通研究, 2012(2): 39—42.
LU Fang, HAN Bao-ming, CAI Xiao-chun. On the Behavior of Urban Rail Transit Regular Passengers[J]. Urban Railway Transit Research, 2012(2): 39—42.

[5] 吴洋，罗霞. 公交车辆站停时间与乘客行为的关系[J]. 西南交通大学学报, 2007, 42(2): 243—248.
WU Yang, LUO Xia. Relationship between Bus Stoppage Time and Passenger Behavior[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2007, 42(2): 243—248.

[6] 章勇，徐伯初，支锦义，等. 高速列车乘客行为与车内平面布局研究[J]. 机械设计, 2013, 30(5): 109—112.
ZHANG Yong, XU Bo-chu, ZHI Jin-yi, et al. Study on the Interactions between the Passengers Behaviors and the Plane Layout of High Speed Trains[J]. Journal of Machine Design, 2013, 30(5): 109—112.

[7] 张廷，徐钊. 改善地铁换乘空间的设计研究[J]. 美术大观, 2013(2): 122—123.
ZHANG Ting, XU Zhao. Design and Research on Improving Transfer Space of Metro[J]. Grand View of Art, 2013(2): 122—123.

[8] 张婷. 人机交互界面设计在产品可用性中的应用研究[J]. 包装工程, 2017, 35(20): 63—66.
ZHANG Ting. The Application of Human-computer Interaction Interface Design in the Product Availability[J]. Packaging Engineering, 2017, 35(20): 63—66.

[9] 李江泳，姚湘，张顺峰，农业机械的用户体验关键要素及其设计应用[J]. 包装工程, 2017, 38(18): 93—97.
LI Jiang-yong, YAO Xiang, ZHANG Shun-feng. Key Elements to User Experience and User Experience Design of Farm Machinery[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(18): 93—97

[10] 王方良，温施霞. 地铁空间乘客行为导向设计研究[J]. 美术观察, 2016(11): 131.
WANG Fang-liang, WEN Shi-xia. The Research on the Guiding of the Passenger Behavior in the Subway[J]. Art Observation, 2016(11): 131.