

铁路旅客客运站集散微观仿真

汪颖, 李凯, 王明起

(西南交通大学 交通运输与物流学院, 四川 成都 610031)

摘要:以大连客运站为例,建立大连铁路客运站进站旅客疏散微观仿真模型。并对大连站旅客到达数、购票人数及安检人数进行研究,在此基础上对大连站的流线影响因素进行评价分析,得出在旅客高峰期车站设备不足,增大旅客排队时间。提出有效建议减轻旅客等待时间。结果证明,模型具有很好的使用效果。

关键词:大连客运站;旅客流线;仿真;SIMIO

中图分类号:U293.1 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2014)02-0070-05

1 国内外研究现状

国外铁路发展历程早,经验丰富。在客流组织方面,通过仿真分析研究车站内旅客流线,分析其行为的影响因素及所遇到的瓶颈,并且通过减小这些影响因素来提高旅客的流线时间,提高车站设备的利用率^[1-2]。并且,国外在城市交通仿真、行人仿真和列车运行仿真方面已经有比较成熟仿真软件。英国的 Legion 公司开发了先进的人流仿真软件 Legion,在行人仿真和分析过程中收到非常好的效果,是目前比较成熟的软件^[3]。

我国关于这方面的研究始于 21 世纪初,但到目前为止还没有开发出类似国外的成熟技术。我国关于旅客流线设计和优化方面的研究较少,大多只是在论文中涉及到。目前所取得的成就主要始于中国铁道科学研究院建立的大型铁路客运站客流组织仿真技术来优化车站改造和设计中的旅客流线、设备配置方案^[4]。总而言之,国内的仿真技术及其设备与国外的相比较存在一定的差距,存在着许多不足。为了适应日益增长的旅客集疏运工作,因此要对其运营管理及旅客服务辅助决策支持系统进行深化研究。

2 模型介绍

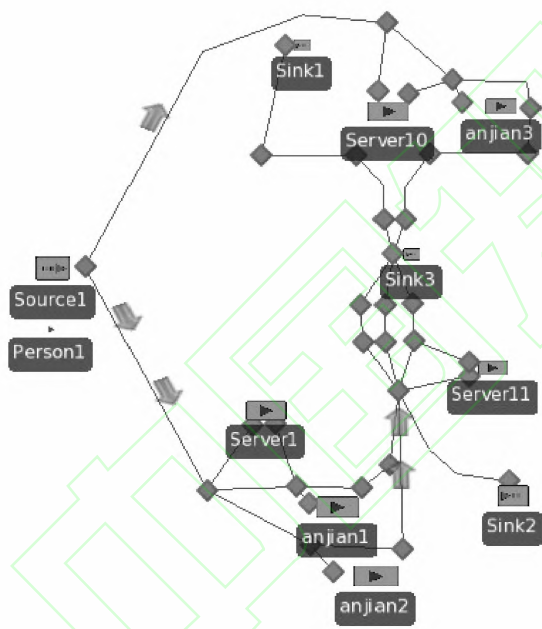
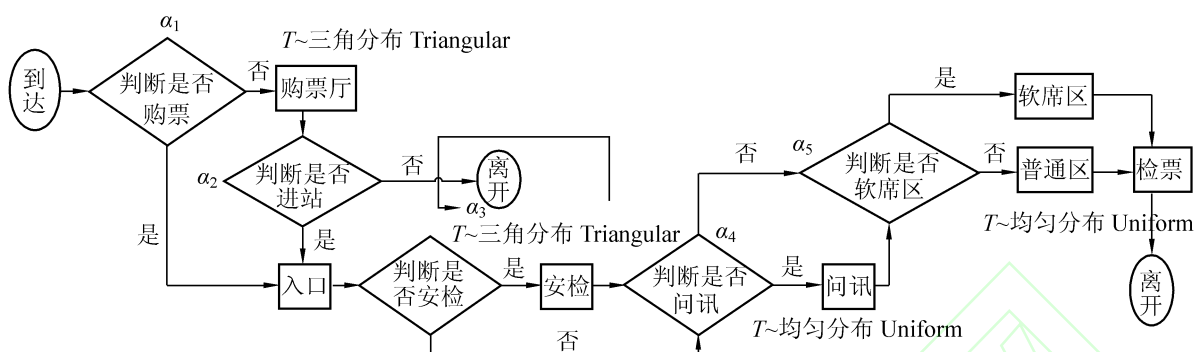
对系统进行仿真研究,首先要建立系统的模型,首先通过实体流程图法建立旅客进站系统的工作流程图和实体之间的逻辑关系,如图 1 所示。其次对客运站旅客集散特点进行分析,使用 SIMIO 模型对大型客运站进行仿真,并对模型进行评价。

2.1 建立概念模型

图 1 中 α_1 代表进站旅客持票的比例, α_2 代表直接进站的比例, α_3 代表拿行李的比例, α_4 代表旅客是否问讯的比例, α_5 代表在普通区的比例

2.2 基于 SIMIO 仿真软件的铁路客运站模型

SIMIO 仿真软件是由 Dannis Pegden 博士创建的仿真建模框架,模型的主体由主体源(source)、转换结点(transfer node)、路径(path)、时间路径(time path)、处理(server)、结束(sink)组成^[5]。“源”为到达列车,“转换结点”为旅客进行路径选择的点,“路径”是旅客行走的路线,“时间路径”来表示旅客从上一结点到下一结点的时间,“处理”表示处理时间,“结束”代表离开。以大连站为例,建立仿真模型,如图 2。



3 实例研究

3.1 旅客到达率分析

铁路旅客客运站旅客集散过程复杂,其中对旅客到达率的分析是对旅客集散进行微观仿真的重要组成部分。对大连客运站每天旅客平均到达情况分析发现,旅客每天到达主要集中在上午十点、下午两点和晚上八点 3 个时间段内。在这段时间内车站出入人流大且地点相对集中,很大程度上考验了车站设备的运行能力和车站的管理能力。

3.2 购票及安检分析

通过分析数据结果可知,旅客购票时间符合三角分布,其中最小时间为 11 s,最大时间为 73 s,而最有可能值为 18.8 s。由于大连站有南北两个购票窗口,通过调查研究发现,在南购票厅平均停留时间为 11 min,北面由于人数较少,平均在站内停留时间为 5 min,结果如图 3 所示。而在安检过程中最短时间为 0.04 min,最长时间为 0.131 min,最可能值为 0.062 8 min,行李从放入安检机到拿出走行时间为 13 s,并且通过研究发现,100 人次中,有 78 人带行李包裹,安检比例 78%,如图 4 所示。

3.3 大连站流线影响因素评价分析

针对大连站的旅客流线情况,为了对目前铁路客运站运营管理提供决策分析,设计包括进站和出站两大类三小类实验方案,同时在每类实验方案中又设计多个情景来验证实验方案。

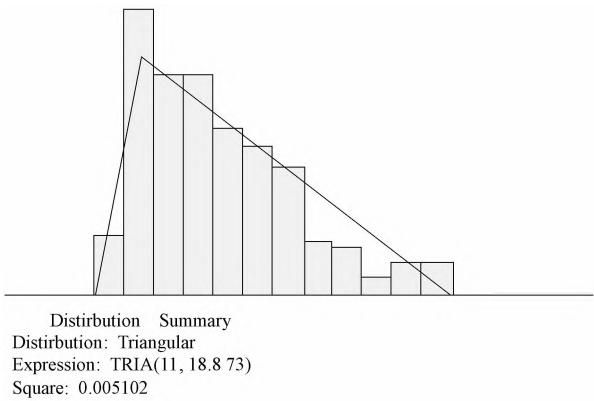


图 3 基于 ARENA 的购票时间随机分布分析

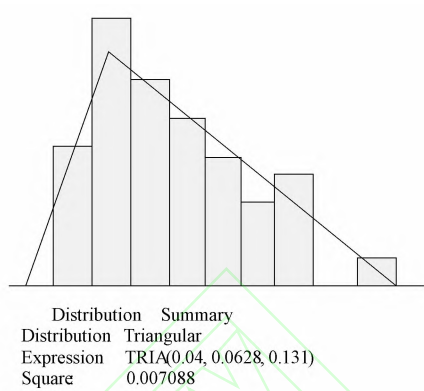


图 4 基于 ARENA 的安检时间随机分布分析

实验方案 1:研究进站人数变化系数 α 对系统的影响。① 依据基本参数和变量设置,分析安检仿真系统的运行结果,检验和验证模型的精度和可信度。② 当 $\alpha = 0.6, \alpha = 0.8$ 时,对大连站南一楼安检口、南二楼安检口和北一楼安检口系统的影响。③ 当 $\alpha = 1.5$ 时,对大连站南一楼安检口、南二楼安检口和北一楼安检口系统的影响。④ 当 $\alpha = 3$ 时,对大连站南一楼安检口、南二楼安检口和北一楼安检口系统的影响。

实验方案 2:研究出站人数变化系数 α ,此方案目的是为了研究到站人数的变化对南北出站口的影响。

实验方案 3:研究南北出站比例 α ,此方案的目的是为了研究到站旅客南北出站路线选择的比例对出站口的影响。

3.3.1 实验方案 1 仿真结果分析

(1)结果如表 1 所示,大连站南一楼安检口排队人数 95% 置信区间为[1.518 7,2.306 7]人,平均人数为 1.912 7;南二楼安检口排队人数 95% 置信区间为[0.060 8,0.067 3]人,平均人数为 0.064 1;北一楼安检口排队人数 95% 置信区间为[0.149,0.160 5]人,平均人数为 0.154 2。

表 1 正常情况下进站安检数据

指标名称	平均值	置信区间			最小值	最大值
		区间半长	最小值	最大值		
南一楼安检口排队人数	1.912 7	0.394 0	1.518 7	2.306 7	1.440 7	2.922 9
南二楼安检口排队人数	0.064 1	0.003 2	0.060 8	0.067 3	0.057 5	0.071 8
北一楼安检口排队人数	0.154 2	0.005 8	0.149 0	0.160 5	0.143 8	0.164 1

(2)根据表 2 ~ 表 4 结果分析,当 $\alpha = 0.6$ 时,南一楼平均人数为 0.161 6 人、南二楼平均人数为 0.018 9 人、北一楼平均人数为 0.043 4 人;当 $\alpha = 0.8$ 时,南一楼平均人数为 0.490 3 人、南二楼平均人数为 0.036 人、北一楼平均人数为 0.088 人;当 $\alpha = 1.5$ 时,如表 2 所示,南一楼平均人数为 295.847 6 人、南二楼平均人数为 0.220 7 人、北一楼平均人数为 0.607 6 人;这时南一楼平均人数已经变化明显,排队人数显然已在不合理范围,原因在于人数增多而安检机器不够造成的。所以在南一楼增加一个安检机,平均人数变为 0.193 9 人,效果明显。当 $\alpha = 3.5$ 时,如表 2 所示,南一楼平均人数为 3 762.596 7 人、南二楼平均人数为 456.016 2 人、北一楼平均人数为 1 114.579 6 人;这时南北三个安检机的人数已经远远超过极致,非常不合理,原因在于人数巨大而安检机器不够造成的。因此,在南一楼增加两台安检机器,平均人数变为 3.912 9 人,南二楼和北一楼均增加一台安检机器,平均人数分别为 0.318 2、1.274 1 人,效果显著。

表 2 不同情景下进站安检数据

α	南一楼安检人数			南二楼安检人数			北一楼安检人数		
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值
0.6	0.161 6	0.146 7	0.175 2	0.018 9	0.016 6	0.022 6	0.043 4	0.038 9	0.053 4
0.8	0.490 3	0.425 2	0.636 0	0.036 0	0.033 8	0.038 3	0.088 0	0.080 5	0.1013
1.5	295.847 6	258.409 2	324.741 8	0.220 7	0.177 2	0.276 9	0.607 6	0.493 1	0.786 5
3.5	3 762.596 7	3 687.285 5	3 882.361 9	465.016 2	404.215 1	519.762 4	1 114.579 6	1 061.679 6	1 166.346 2

表 3 $\alpha=1.5$ 时进站安检数据

指标名称	平均值	置信区间			最小值	最大值
		区间半长	最小值	最大值		
南一楼安检口排队长度	0.193 9	0.008 2	0.185 7	0.202 1	0.176 5	0.209 0
南二楼安检口排队长度	0.216 3	0.013 1	0.203 2	0.229 3	0.191 5	0.251 2
北一楼安检口排队长度	0.647 0	0.082 2	0.564 9	0.729 2	0.512 1	0.904 7

表 4 $\alpha=3$ 时进站安检数据

指标名称	平均值	置信区间			最小值	最大值
		区间半长	最小值	最大值		
南一楼安检口排队长度	3.912 9	1.061 8	2.851 1	4.974 8	2.154 6	7.060 7
南二楼安检口排队长度	0.318 2	0.024 0	0.294 2	0.342 1	0.263 2	0.356 5
北一楼安检口排队长度	1.274 1	0.270 4	1.003 6	1.544 5	0.910 3	2.037 6

3.3.2 实验方案 2 仿真结果分析

当 $\alpha=2$ 时,此时为高峰期出行。随着检票口数量的增多,平均排队人数在下降。南出口检票口为 3 台时,其平均人数为 59.45 人,此时证明检票机数量已经远远不能满足出站需求;检票口为 4 台时,其平均人数为 12.86 人,变化明显,但仍然不能满足出站需求;检票口为 5 台时,其平均人数为 0.33 人,变化比较明显,已经满足出站要求。北出口检票口为 2 台时,其平均人数为 2.74 人;检票口为 3 台时,其平均人数为 0.15 人,变化不明显;而检票口变为 4 台、5 台时,没有显著性变化,这时再继续增加检票口将不能提升系统能力并且会造成浪费。

在确定出站检票口台数时不仅要考虑到平均排队人数,也要考虑旅客最大等待时间,能否被旅客所接受,还要考虑到设备利用率等问题。不是每个检票口排队的人数越少越好,如果人数过少,必然会长时间处于闲置状态,对人员使用的浪费。

3.3.3 实验方案 3 仿真结果分析

在人数增加 100% 的情况下,当 $\alpha=0.2$ 时,此时南北出站比例为 4: 1。南出口检票口为 3 台时,其平均人数为 88 人,此时证明检票机数量已经远远不能满足出站需求;检票口为 4 台时,其平均人数为 28.4 人,变化明显,但仍然满足不了出站需求;检票口为 5 台时,其平均人数为 1.63 人,满足出站需求。北出口检票口为 2 台时,其平均人数为 0.11 人;检票口为 3 台时,其平均人数为 0.01 人,变化明显;而检票口变为 4 台、5 台时,没有显著性变化。这时再继续增加检票口将不能提升系统能力并且会造成浪费。

在调节出站比例时,不仅需要考虑旅客出站时的平均排队人数,而且还要考虑旅客的最大排队人数和设备的利用率等因素。适当分配比例,有助于提高站内设备的利用率,既避免检票口过少而使等待的旅客过多,又防止检票口过多所带来的资源浪费。

4 结论和建议

通过以上结果可知,在进站时,由于旅客到达的不确定性,一天总共有早、中、晚三个高峰期,此时的进站安检可以应付旅客安检需要,当旅客高峰期时,安检机的数量不足已经明显显现出来。旅客主要集中在南一楼,这使南一楼应对的旅客数量巨大,而南二楼和北一楼的人数较少,设备利用率不足。对于出站旅客流线的仿真结果看出,在出行淡季时,南口三个、北口两个安检机数量可以满足旅客出站需要,充分利用了设备能力。在出行高峰期时,南北安检机的数量必然增加,但即使这样遇到春运期间,仍然不能完全解决人数排队过多现象,尤其南出站口。针对大连站的现有情况,提出如下建议:

(1) 出行高峰期时进站分析。①增加安检机的数量,从仿真结果可以看出,按现有各入口的到达比例,南一楼至少增加 2 台安检机,南二楼和北一楼增加 1 个安检机。②由于人数主要集中在南一楼进站,通过加派工作人员进行疏导,使旅客转入南二楼或北一楼进站。③在北一楼增加停车场,南停车场禁止私家车进入,使旅客进站比重往北转移,缓解南一楼进站压力。④在站南广场搭建临时候车区,并在进站口设立绿色通道,在发车前 0.5 h 开始检票,然后通过绿色通道进站上车。

(2) 出行高峰期时出站分析。①增加检票口的数量,从仿真结果可以看出,检票口的数量是随着到达

人数的变化而变化,南出口人数压力较大,而北出口压力较小,按照特定比例下,南出口至少要开 4 个检票口,北出口至少开 3 个。②由于旅客出站主要集中在南出站口,通过加派工作人员进行疏导,使旅客转入北站口出站,同时减少南出站口由于人数过多而带来的压力,提高设备利用率。③在站北增设公交线、停车场,使旅客从北出站比例增加,使南北出站比重更加趋于合理。

参 考 文 献

- [1] Michel R Gatersleben, Simon W van der Weij. Analysis and simulation of passenger flow in an airport terminal[C]//eds. Winter Simulation Conference Proceedings. USA: IEEE, 1999.
- [2] Etti, Jose Reynaldo, Hutchinson, et al. Passenger-terminal simulation model[J]. Journal of Transportation Engineering, 1994, 120(4):16-20.
- [3] 李乾. 综合客运枢纽集散服务网络分析与建模[D]. 北京:北京交通大学交通运输院,2011.
- [4] 刘启钢,杜旭升,杨旭. 大型铁路客运站客流组织仿真技术研究[J]. 铁道运输与经济,2010,32(10):37-41.
- [5] 王婷,杨林,刘晶. 利用 simio 的装配线建模与仿真研究[J]. 现代制造工程,2012(5):101-117.

Microscopic Simulation of Passenger Transport Distribution

Wang Ying, Li Kai, Wang Mingqi

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

Abstract: Based on Dalian passenger depot, this article establishes a microscopic simulation model of passenger evacuation, and studies passenger arrival number, ticket number and security number, then makes an analysis of the influence factors of the flow line on Dalian station, drawing the conclusion that, in the peak time, station equipment is insufficient, which increases the passengers' queuing time. On this basis, effective suggestions are put forward to reduce passenger waiting time. The result proves that the model has good practical effect.

Key words: Dalian passenger station; the passenger flow line; the simulation; SIMIO

(责任编辑 车轩玉)

(上接第 69 页)

Study on Four-step Model's Dual Feedback Algorithm Based on Cost Iteration and Demand Iteration

Chen Xianlong^{1,2}, Zou Zhiyun²

(1. Guangzhou Transport Planning and Research Institute, Guangzhou 510030, China;

2. School of Civil Engineering and Mechanics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The four-step model is the most popular traffic demand forecast model theory, but its result contains an internal inconsistency. Feedback algorithm is introduced to maintain the data consistency of the various steps of the model structure. This study proposes dual iteration feedback algorithm based on cost iteration and demand iteration, then compares it with now used feedback algorithms through different cases. The result shows the new model structure can keep the model result and reduce number of iterations and running time effectively, its convergence process is more stable than current model structures and can be applicable for different size networks.

Key words: four-step model; demand forecast; feedback algorithm; cost iteration; demand iteration

(责任编辑 车轩玉)