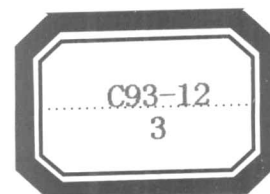


2013 中国管理科学与工程 工程研究报告

首都经济贸易大学信息学院 编

清华大学出版社





2013 中国管理科学与工程 研究报告

首都经济贸易大学信息学院 编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

“中国管理科学与工程论坛”是我国管理科学与工程学科领域内最具影响力的高峰论坛。“管理科学与工程学会 2013 年年会暨第十一届中国管理科学与工程论坛”于 2013 年 11 月 2 日至 2013 年 11 月 3 日在北京举行,由中国管理科学与工程学会主办、首都经济贸易大学信息学院承办。本次会议探讨全球信息化与大数据背景对中国管理科学与工程学科的影响与对策研究。

本书包括会议论文 90 篇,分为管理决策理论与方法,金融工程与复杂系统,信息化与软件质量工程管理,电子商务与物流管理,知识工程、工业工程与工程管理,管理问题与对策研究六部分。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

2013 中国管理科学与工程研究报告/首都经济贸易大学信息学院编. —北京:清华大学出版社, 2013
ISBN 978-7-302-33881-9

I. ①2… II. ①首… III. ①管理学—研究报告—中国—2013 ②管理工程学—研究报告—中国—2013 IV. ①C93-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 215824 号

责任编辑:焦 虹

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:210mm×285mm

印 张:33.75

字 数:1042 千字

版 次:2013 年 10 月第 1 版

印 次:2013 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~900

定 价:79.00 元

产品编号:053053-01

前 言

“中国管理科学与工程论坛”是我国管理科学与工程学科领域内最具影响力的高峰论坛。该论坛由李京文院士发起，2003 年在北京工业大学召开了首届论坛，迄今为止已经成功地连续举办了十届。同时，通过学科前辈的不断号召与支持以及学科全体同仁的共同努力与争取，经民政部批准，2009 年成立了国家一级学会——“管理科学与工程学会”。从此，学会年会与论坛每年同步召开，使得这一年度盛会的规模和号召力不断扩大，影响力更为显著，与会学者代表已由首届的百余名，发展到现在的五百多名。

2012 年，经中国管理科学与工程学会常务理事会讨论决定，“管理科学与工程学会 2013 年年会暨第十一届中国管理科学与工程论坛”于 2013 年 11 月 2 日至 2013 年 11 月 3 日在北京举行。大会由中国管理科学与工程学会主办、首都经济贸易大学信息学院承办。

本次大会探讨全球信息化与大数据背景对中国管理科学与工程学科的影响与对策研究。大会召开期间，将设立专题讨论和院长论坛，通过各种形式就中国管理科学与工程的理论方法、实践应用、学科发展以及培养人才等诸多方面展开热烈讨论和广泛、深入的交流。

本次大会得到了中国管理科学与工程学会理事长李京文院士、副理事长马庆国教授、副秘书长关峻教授，以及其他副理事长和常务理事的大力支持和热心帮助，同时得到了各高校、科研院所以及企业等有关人员的热烈响应。本次大会共收到 138 篇论文，经专家评审录用 90 篇，根据论文内容分为六部分。大会组委会的老师和同学为会议论文的征集、审阅、整理以及出版做了大量工作。在此，向为本论文集顺利出版和为本届会议成功举办付出心血和努力的老师和同学们表示衷心的感谢和诚挚的敬意！本论文集在出版过程中，得到了清华大学出版社的大力支持，在此深表谢意！

由于论文数量较多，工作量较大，时间较紧，而且编者经验和水平有限，疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 7 月于北京

目 录

第 1 部分 管理决策理论与方法

基于 Flexsim 的对开公交线路调度仿真研究	徐晓昱 雒兴刚 唐加福 宫俊 (3)
物联网环境下公交单线路动态发车调度研究	赵秀文 雒兴刚 唐加福 宫俊 (8)
公交驾驶员调度问题的改进模型及其算法研究	王太平 雒兴刚 唐加福 宫俊 (14)
基于 MOMDRA 的作战体系武器装备分配与优化	张骏 姜江 陈英武 (19)
临近空间浮空侦察系统部署优化问题研究	李俊 沈延安 李琴 (26)
区间粗糙数序信息系统的一种属性约简算法	吕跃进 何朝丽 翁世洲 (31)
基于网络优化模型的武器装备体系资源优化配置方法研究	商慧琳 张小可 谭跃进 杨克巍 (36)
武器装备体系作战网络化建模方法研究	谭跃进 商慧琳 李际超 张小可 (41)
基于季节 ARIMA 模型的公交站点客流预测	刘亚彬 卢双 雒兴刚 唐加福 王洪峰 (49)
基于模糊综合评判法的装备维修性评价模型研究	李琴 黄德所 左从菊 (54)
基于 VAR 模型的山东省碳排放影响因素分析	李新运 吴学猛 乔娟 (58)
序列模式挖掘算法研究	申军 (64)
信息驱动的比较矩阵的演化构造过程	赵中奇 (69)
基于 AHP 的中部高校教师绩效考核综合评价实证研究	陈良煌 余健靖 秦敏 (74)
企业敏捷性实现的影响因素及其实证研究	王铁骊 牛永芳 王丽琼 张继艳 (81)
KIBS 企业嵌入对科技型小微企业技术创新绩效的影响	朱霞 (89)
农民林业专业合作意愿及需求的统计分析——基于南方五省的调研结果	张浩 (95)
江苏省森林碳储量的区域分布及其影响因素研究	杨加猛 杜丽永 蔡志坚 张智光 (103)
基于处方的药品需求量的关联性预测方法研究	崔盛楠 吉祥 刘源 唐加福 (112)
基于 PCA 的山东省沿海港口竞争力综合评价	张媛媛 岳雷 (118)
基于 GM(1,1)商业地产需求预测研究——以盘锦为例	刘亚臣 张帅 (124)
Research on the “Benchmark-Model” Cost Control Standard in the Enterprise	WANG Ji-hong MENG Fan-sheng YANG Yu-meng (128)

第 2 部分 金融工程与复杂系统

基于网络 SBM-DEA 和 Dynamic-DEA 模型的中国商业银行效率测度研究	梅国平 甘敬义 朱四荣 (137)
Research Review on Financial Market Driven Mergers	YU Yu WANG Jian-qiong (143)
基于影子价格的期权策略	高培旺 (150)
人民币汇率市场四阶段结构特征分析——基于马尔科夫区制转换的藤 Copula-GARCH 模型	吴恒煜 胡根华 林漳希 (154)
Time Series Model Based Traffic Forecasting in QoS	JIANG Xiang-rong TANG Lu-xian CUI Ying-ying (168)
上证综合指数的时间序列分析建模与预测	孙梦荣 (174)

A 股市场均值回归过程实证分析	康跃 贾南 (178)
高校教师隐性知识共享系统动力学建模	李玲玲 苏昕 (182)
个体谣言初始阶段传播仿真研究	王永忠 沈延安 高慧明 (189)
城市交通流系统 day-to-day 动态演化研究综述	于新莲 徐红利 周晶 (194)
基于离散事件仿真的 multi-agent 加油站仿真模型	赵丹亚 张月 (200)
The Risk Portfolio of Diversification	ZENG Jin (206)
An Empirical Study on Users' Continuance Intention towards Online Banking	LIU Lu-chuan AN Zhao-yu (213)

第 3 部分 信息化与软件质量工程管理

面向农产品的商务推荐系统研究	张卫 (225)
产品线案例库生成系统的设计	张晶晶 雒兴刚 唐加福 (231)
企业信息系统升级时机决策研究	范焱 (238)
IS Strategic Value Creation Based on Competency-Hierarchical Structure	ZHU Shu-ting ZHONG Wei-jun MEI Shu-e (242)
IT 外包中伙伴关系战略匹配的案例研究	崔金红 王旭 (251)
大数据环境下基于 5S 理论的城市智能交通用户行为模型研究	熊励 薛珊 张芸 (256)
信息化投资效益评价体系分析	卢山 (260)
基于感知风险的信息系统外包决策心理契约形成研究综述	刘一君 刘子玥 阳云 (264)
隐私关注与在线个性化定制系统用户持续使用行为的关系研究	李燕 王华杰 杨柳 王玉美 (270)
风险沟通的科学计量学分析	李杰 (276)
面向景区客流量预测的数据仓库设计与实现	谢福伟 梁昌勇 梁焱 (282)
基于超复数矩阵分解的彩色人脸识别	白晓明 王成章 (288)
大数据时代的隐私保护问题的探讨	张浩 (292)
Personal cloud computing security needs	ZHAO Meng ZHENG Ning (296)
基于 Android 平台的移动教务管理系统	邵丽 向梟义 (300)
会计信息系统安全问题探讨	石新玲 (307)
地铁能源管理信息系统研究: 能源信息学视角	曾珍香 黄春萍 王薇 吴涛 平安生 (310)
基于质量管理的高校信息化建设	赵欢 陈熙 (316)
园区网络数据流量类型分析与网络架构设计	刘彦平 (319)

第 4 部分 电子商务与物流管理

在线评论对销售影响的研究进展	王秦英 闫强 (325)
我国禽蛋流通模式评价指标体系研究	牛东来 孙开国 (333)
基于技术采纳和服务质量的网上购物顾客行为研究	刘清敏 王高山 林连爽 (339)
基于 LBS 的个性化推荐系统研究	赵守香 王晨 (343)
MPLS VPN 技术在电子政务中的应用	马平清 韩智东 (347)
在线用户评论对处于不同销售阶段的产品销量的影响研究	武娟丽 闫强 (353)
青藏高原制造业与物流业联动决策研究	杨莹 (359)
我国电子商务发展问题分析及对策探讨	田瑾 (363)

基于虚拟第三方协调机制的供应链双向激励研究	苏应生 李学军 汪贤裕 (367)
绿色共生型与非共生型供应链的收益比较分析	张智光 (372)
基于 WebGIS 的物流配送服务智能决策系统研究	刘聪 张智光 (378)
电子政务管理制度体系研究	张建光 朱建明 (382)
物联网环境下的供应链成本管理浅探	马杰 王凤洲 (387)
基于“四流”分析的网络购物与传统购物	于晓静 (392)
政府知识管理的实施环境与层次分析	王家斌 王鹤春 孙洋 王一品 李东泽 许铭慧 赵丹 (396)
生态产业集群知识转移模式的演化分析——基于开放式创新视角	徐升华 吴越 肖黎 (401)
Study of Urban Distribution Center Based On Quantitative Model	SUN Shu-sheng WU Hong-li (406)

第 5 部分 知识工程、工业工程与工程管理

基于 ISM 的网络社区知识创新因素分析	沈波 周斯昱 张豪 台亮 (413)
人为因素对单元生产工作绩效影响的研究	张建同 胡瑛 董彦文 (419)
生态产业集群内知识转移的影响因素探究	杨同华 徐升华 (424)
试论丰台园艺花卉产业的品牌塑造	张祖群 刘漪 张晓迪 黎淑妍 孟薇 古长司 (429)
网络行为责任认定亟待规范	旷野 (437)
消费者对产品质量创新阶梯的学习与公司研发	胡江华 (440)
基于双库协同机制的企业员工绩效评估系统	高静 (450)
The Effects of Steering Directions on Human Performance in Steering Tasks	ZHOU Xiao-lei (456)
A Literature Survey of Resolution in Temporal Logic Theorem Proving	ZHANG Lan (460)
Study on the Countermeasures in Pushing Architecture Energy Saving in China	SUN Pei-long HAN Li-hong (467)

第 6 部分 管理问题与对策研究

关系嵌入性对服务创新的影响：以网络能力为中介变量	简兆权 王晨 (475)
政府规模评价结果误差分析：概念、类型、生成与调控	朱龙 梁昌勇 代攀 陆文星 (482)
基于碳管理能力认证的北京市信息资源碳排放目标实现路径的研究	马慧 (491)
养猪场（户）生猪产业扶持政策认知状况的影响因素研究 ——基于山东省 660 家养猪场（户）的问卷调查	张园园 孙世民 (496)
国外典型智慧城市发展模式分析与经验启示	禹银艳 (502)
风险社会视阈下的工业邻避问题探究	周岑茗 (509)
易经整体思维观与决策框架构建	王德应 王轶凡 王成军 (514)
网游沉溺机制研究进展	冀付军 (519)
新兴信息技术下的信息技术领导力研究初探	王磊 毕新华 顾美玲 杜政委 (524)

第 1 部分

管理决策理论与方法

基于 Flexsim 的对开公交线路调度仿真研究

徐晓昱 雒兴刚 唐加福 宫俊

(东北大学信息科学与工程学院系统工程研究所, 沈阳 110819)

摘要: 本文运用 Flexsim 面向对象的离散虚拟现实仿真技术, 建立了一个对开公交线路仿真系统, 为将来在系统中嵌入算法优化公交系统提供一个平台, 为后续建立更加复杂的公交调度系统提供基本思路, 做好基础工作。为使 Flexsim 更加适用于公交系统, 应用 .skp 文件以及 Flexsim 中纹理映射的技术, 对 Flexsim 进行二次开发, 实现对开公交线路运行过程的可视化虚拟现实 3D 动态演示。借助于 Flexsim 仿真平台的数据统计分析功能, 以公交车辆数目和发车间隔为变化参量, 研究其对于站点乘客等待时间的影响。

关键词: Flexsim; 仿真; 对开公交线路; 虚拟现实系统

Simulation Study of Bus Dispatching for One Bus Route Based on Flexsim

XU Xiao-yu, LUO Xing-gang, TANG Jia-fu, GONG Jun

(College of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

Abstract: In this paper, a bus dispatching simulation system for one bus route is established with the object-oriented discrete virtual simulation technology based on Flexsim. The simulation platform is established for embedding algorithms in the system to optimize the public traffic system, which forms the basis for the more complicated public transportation scheduling system in the future. Third party development based on Flexsim is implemented with the .skp documents and the texture mapping technology to make the simulation system more suitable for the public traffic system. By using the Flexsim, bus dispatching for one bus route is simulated to achieve virtual 3D dynamic presentation of the running process of the system. With the help of data statistics functions of Flexsim, the influence of the passenger waiting time is analyzed with the change of the number of buses and bus dispatch intervals.

Key words: Flexsim; Simulation; a transit corridor; virtual reality system

引言

公交线路调度仿真是借助系统仿真技术研究交通行为, 是计算机技术在交通领域的应用。本文采用 Flexsim 仿真开发平台, 运用面向对象离散虚拟现实仿真技术, 对单条对开公交线路调度规划方案进行了动态仿真, 为跨线以及更加复杂的公交调度问题提供基础。目前, Flexsim 仿真主要应用于物流领域以及生产制造业, 包括自动化立体仓库的设计、港口泊位指派及企业生产线优化

等。本文将 Flexsim 仿真技术应用于公交系统领域, 研究在单条对开公交系统中, 公交车数量和发车间隔对站点乘客等待时间等的影响。为了充分发挥 Flexsim 强大的 3D 显示功能, 本文对 Flexsim 进行了一定的二次开发, 以达到可更加直观有效地观察和研究公交系统的目的。

1 对开公交线路仿真系统

对开公交线路仿真系统是利用模型复现实际对开公交线路运行的本质过程, 并通过对系统模

型的实验来研究该系统。要实现公共交通在时间上合理协调、资源上合理配置,需要很长时间、具有危险性并且造价昂贵的实验才能了解系统参数变化对系统所产生的影响,仿真是一种有效的研究手段。Flexsim 可以准确反映出系统随着改变多种参数而产生的影响。该系统仿真的过程包括建立仿真模型和进行仿真实验两个主要阶段。对开公交线路仿真模型如图 1 所示。

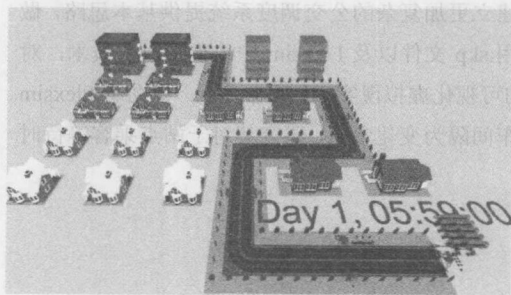


图 1 对开公交线路仿真模型

本文基于 Flexsim 仿真平台构建对开公交线路的仿真模型,整个仿真过程由 6 步完成,如图 2 所示。

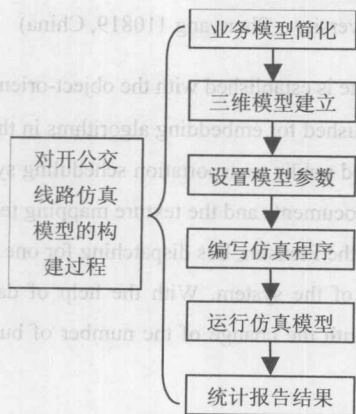


图 2 对开公交线路 Flexsim

(1) 对实际的仿真对象,即对开公交线路进行简化,不考虑对该公交线路没有影响或者影响很小的因素,直到所有因素简化为止。

(2) 建立 Flexsim 3D 模型。可以用 AutoCAD 绘制公交线路模型布局图,并将此布局图直接导入 Flexsim,建立 3D 模型比例布局。具体实体的 3D 图形除了 Flexsim 提供的之外,均来自于 Google 3D 模型库以及使用 Google SketchUp 绘制。

(3) 设置对开公交线路仿真模型参数,如公交车行车计划单、公交车的行驶速度及加速度、

站点停车时间等。

(4) 编写 Flexsim 仿真程序,为每一辆公交车编好行车任务序列、自动发车的用户事件、GUI 控制的相关程序、按时间触发的触发器程序等。

(5) 运行仿真模型,得出仿真结果。

(6) 通过 Excel 的形式输出仿真结果,评价系统的性能指标。

对开公交线路仿真系统是一个复杂适应系统 (Complex Adaptive System, CAS),该系统的成员应该被看作是自身具有目的与主动性的积极主体。CAS 理论认为,个体的主动性与环境的反复、相互的作用,才是系统发展和进化的基本动因。Holland 把个体与环境之间这种主动、反复的交互作用以“适应”一词加以概括 (CAS 理论的基本思想——适应产生复杂性)。公交车辆本身不会具备“学习”和“经验积累”的适应能力,为了让每一个公交车辆能够按照系统控制者的意愿运行,作者通过制作可控的 GUI 来实现控制者和公交车辆的消息传递。采用这样一种消息驱动 (message-driving) 的离散事件仿真方法,扩展了程序执行过程中原消息的概念,将其发展成事件调度中主要的控制机制。

2 对开公交线路系统仿真过程

2.1 建立仿真模型

在建立仿真模型阶段,主要工作有铺设交通路线 (建立行车路线、定位公交站点)、准备公交车辆 (建立公交车模型、建立公交车库)、生成去往不同车站的乘客、为每一辆公交车制定一个任务序列、设置用户事件控制自动发车。

铺设交通路线主要包括建立行车路线和定位公交站点两方面工作,如图 3 和图 4 所示。

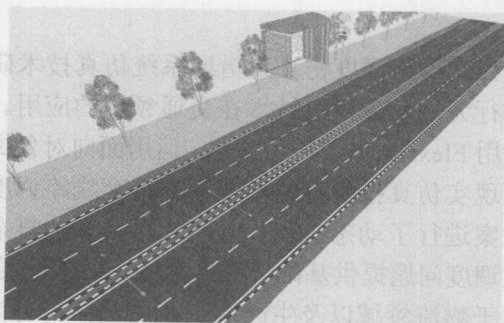


图 3 道路模型

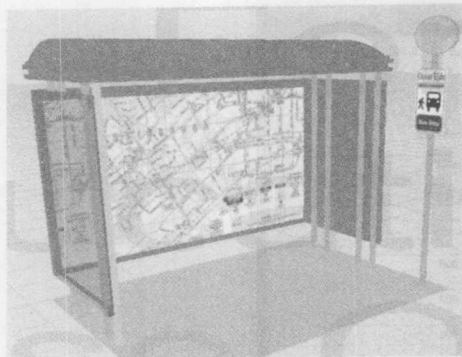


图4 车站模型

准备公交车辆主要包括建立公交车模型、建立公交车库,如图5和图6所示。

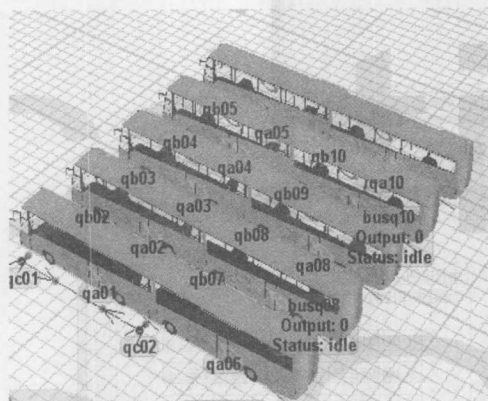


图5 车库模型

生成去往不同车站的乘客。以往的公共交通系统的仿真中,乘客是仅仅采用随机的方式生

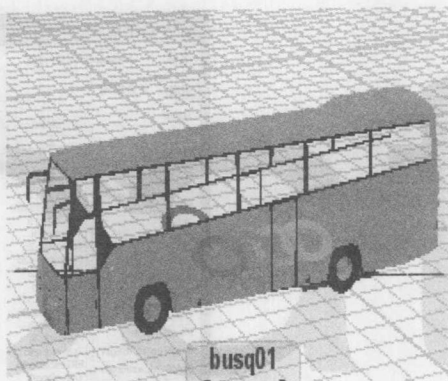


图6 车辆模型

成的,去往不同的站点要按照数量比例来决定。而在本文中的公共交通仿真系统为去往不同站点的乘客分别赋予了不同的实体类型以区分他们。同一类型的乘客临时实体不会到达两个不同的站点下车。在不同的时间段,乘客按照不同的分布形式来产生。

在该仿真系统中的乘客用临时实体来描述。临时实体又称主动实体、活动实体,是指先进入系统并经过相应的环节以后离开系统,在系统中的数量经常变化的实体。

离散事件仿真有两种基本的时间推进机制:固定步长时间推进机制(fixed-increment time advance mechanism)和下次事件时间推进机制(next event advance mechanism)。设置用户事件控制 busq 和 busf 的定时自动发车,如图7所示。

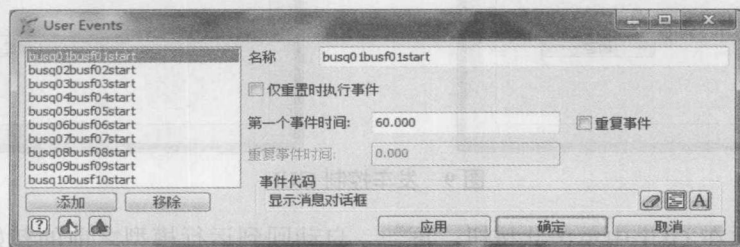


图7 公交车用户事件

为每一辆公交车制定一个任务序列、用来实现进出场站、公交到站、上下乘客等的运行过程,如图8所示。

2.2 进行仿真实验

该仿真系统采用按照手动控制和基于时间的自动控制两种控制方式。

手动控制:仿真模型从 5:59:00a.m.开始运行,运行至 10:00:00p.m.结束。在仿真运行开始时,所

有的汽车都停在原位置不动。单击 GUI 中的 busq01 按钮,则汽车 busq01 开始运行。类似地,可推广至所有的公交汽车及其在 GUI 中相应的控制按钮,如图9所示(GUI中包含所有公交汽车的控制按钮)。沿路分别到达每一个公交汽车站,接送乘客。在终点站车库,停驻在属于自己的位置上,等待下一次在 GUI 中单击此按钮,折返运行。运行回来时,自动回到运行模型之前的初始

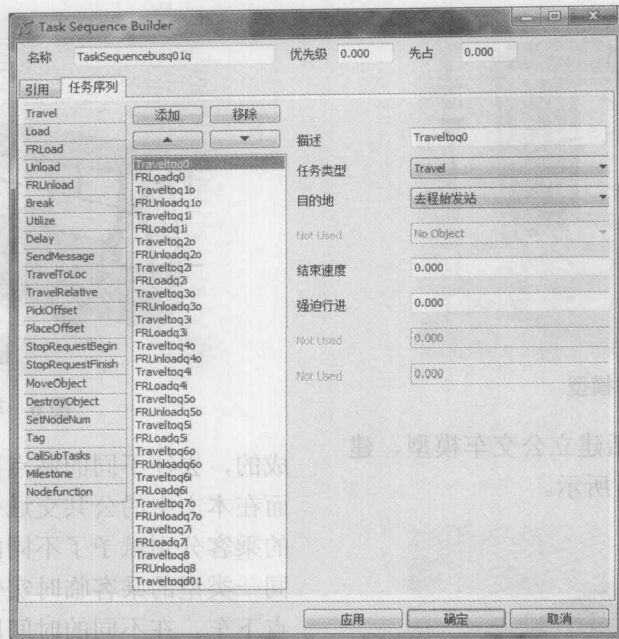


图8 公交车任务序列



图9 发车控制 GUI

位置停车, 等待下一次在 GUI 中单击此按钮, 再次运行。所有车辆全部按照此方式运行, 可以人为控制公交汽车的发车情况。

自动控制: 仿真模型从 5:59:00a.m. 开始运行, 运行至 10:00:00p.m. 结束。在仿真运行开始时, 所有的汽车都停在原位置不动。随着仿真时间的前进, 当到达某一辆车的发车时刻, 该车自动运行。沿路分别到达每一个公交汽车站, 接送乘客。在终点站车库, 停驻在属于自己的位置上, 等待下一次发车时刻的到来, 折返运行。运行回来时,

自动回到运行模型之前的初始位置停车, 等待下一次发车时刻的到来, 再次运行。所有车辆全部按照此方式运行, 可以人为控制公交汽车的发车情况。

3 案例研究

3.1 条件与假设

该公交线路每个公交站点的乘客在不同的时间段, 按照不同的分布形式来产生。假设早上 6

点钟到上午9点钟为乘客早高峰,下午5点钟到晚上7点钟为乘客晚高峰,按照参数为10的指数分布的形式产生。其他时间段为平峰,按照参数为5的指数分布的形式产生。假设每个公交站点的最大乘客容量为30人。每一辆公交车的最大容量为30人。

分别采用8辆、12辆、16辆和20辆公交车来参与运行,观察不同公交车辆数目对站点客流候车情况的影响。

3.2 仿真结果输出及分析

Flexsim具有强大的数据统计功能,可以对每一个实体进行数据统计分析,并将实时动态显示于图形中。本文指定“去程第1站”作为考察的实体。以公交车辆数量为变化参量,通过统计在“去程第1站”乘客的等待时间来看这四种情况下,观察公交车辆数目对乘客需求的满足情况。每一种情况反复进行5次试验,取5次结果的平均值,以使得实验结果更加可靠。运行停止后,在站点暂存区统计选项卡中可以直接观察到结果。

当采用8辆公交车的时候,“去程第1站”乘客的平均等待时间为1296.85s;当采用12辆公交车的时候,“去程第1站”乘客的平均等待时间为1053.53s;当采用16辆公交车的时候,“去程第1站”乘客的平均等待时间为859.76s;当采用20辆公交车的时候,“去程第1站”乘客的平均等待时间为783.39s。等待时间越来越少,乘客满意度就会越来越高。

4 结语

采用Flexsim进行公共交通系统仿真要比以往的仿真软件具有更加直观有效的作用。它既

便于决策者直接观察调度的结果和作用,作出合理的决策;也可以嵌入优化算法,检验优化效果。在该对开公交系统中,可以直接观察到乘客候车的时间变化情况。随着采用公交车车辆数目的增加,站点乘客的等待时间逐渐减小。

参考文献

- [1] 李暄,洪怡恬,郑慧,等.Flexsim系统仿真软件在配送中心分拣系统设计中的应用[J].物流工程与管理,2009,31(1):37-39.
- [2] Gelenbe E,Guennouni H.Flexsim:a flexible manufacturing system simulator[J].European Journal of Operational Research,1991,53(2):149-165.
- [3] 胡大伟,郝建国.基于Flexsim的公路交通枢纽站仿真系统[D].长安大学2008:1-16.
- [4] Cao Yuhua,Zhang Yun,Peng Hongguang.The Application of the Flexsim in Emulation of the Logistics Systems in the Manufacturing Enterprises (ID: C-023)[J].The Proceedings of IE & EM'2007: Building Core Competencies through IE & EM.2007.293-294.
- [5] 胡卉,曾桃,宣登殿,等.基于Flexsim二次开发的综合客运枢纽仿真[J].长安大学学报,2012(6):1-2.
- [6] 隽志才.交通系统建模与仿真[M].北京:科学出版社,2011:53-70.
- [7] 齐欢,王小平.系统建模与仿真[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [8] Balmer M,Axhausen K W. Agent-based demand modeling framework for large scale micro-simulations[J].Transportation Research Record,2006,1985:125-134.
- [9] 张晓萍,刘玉坤.系统仿真软件Flexsim 3.0实用教程[M].北京:清华大学出版社,2006:103-152.

物联网环境下公交单线路动态发车调度研究

赵秀文 雒兴刚 唐加福 宫俊

(东北大学信息科学与工程学院系统工程研究所, 沈阳 110819)

摘要: 由于公交运营过程中存在的不确定性, 静态的公交调度在实际过程中不一定能很好地满足运营的要求。本文针对物联网环境下的公交动态调度问题, 建立了一个单条公交线路下基于实时信息的首末站动态发车时间控制的模型, 并设计遗传算法进行求解。通过一个客流变化的案例, 动态调整公交车的发车时刻, 优化的结果使得乘客的等车时间减少了 13%。

关键词: 动态调度; 公交调度; 发车调度

Dynamic Bus Dispatching for One Bus Route under the Internet of Things

Zhao Xiu-wen, Luo Xing-gang, Tang Jia-fu, Gong Jun

(College of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

Abstract: In actual transit operation process, transit service can be affected by a wide variety of uncertain factors. A strictly predefined bus dispatching plan may not satisfy the requirements of transit operations. To improve the quality of transit service, a dynamic bus dispatching scheme is studied under the Internet of Things(IOT) in this paper. Based on the real-time information gathered in IOT, a mathematical model is established to minimize the total passenger waiting time. A genetic algorithm is developed to solve this complicated optimization problem. Finally, a numerical case with changing passenger arriving rate is applied to evaluate the proposed method. Through dynamically recalculating bus headway at terminus, the total passenger waiting time decrease by 13%.

Key words: dynamic scheduling; bus dispatching; internet of Things

引言

城市公共交通不仅是城市的基础设施的重要组成部分, 也是关系到国民日常生活的社会公益事业。近年来, 城市交通拥堵问题日益突出, 增加公共交通对于民众的吸引力, 提高公共交通的服务水平将会是缓解这一问题的重要手段, 从公交调度的角度出发, 由于一些随机因素的影响, 例如道路车辆流量, 站点的乘客需求、气候因素、交通事故等, 从而出现静态的公交运营计划在实际情况中, 可能不能满足公交运营的需求^[1]。因此, 在实际情况中需要对静态的计划进行动态的调整, 进而提升公交服务的水平。

在物联网环境下, 公交系统中大量实时数据的采集成为可能。例如, 在国内外, 许多大型城市都已经应用了车辆定位系统 (Automatic Bus Location, AVL), 可以采集车辆的实时位置信息, 判断车辆的行驶状况。此外, 通过自动乘客计数系统 (Automatic Passenger Counters, APC) 和实时视频监控系统, 可以采集车辆和站点的实时客流信息, 这些实时数据为公交动态调度提供了数据基础^[2]。

目前, 在国内公交系统运营过程中, 车辆的动态调度一般都采取基于人工经验的首末站调度的方式, 并未考虑系统的优化, 这使得基于实时数据的动态调度变得有意义^[3]。例如, 在一条已知的公交线路中, 其运行情况存在着不确定性, 同

时也可能会出现异常的客流需求。如果能在实时数据的基础上,对一段时间的客流进行预测,那么根据客流的变化趋势,便可以动态地对一个发车时间序列进行优化,从而更好地满足乘客的需求;同时在该段时间内,对于正在反向线路上运行和参与动态调整的车辆进行到站时间预测,可以根据其达到首站的时间,从而制定出切实有效的调度调整策略。

在国外的公交动态调度研究中,以滞站调度研究最为广泛,此外还包括了放车调度、短掉头调度等。虽然动态调度的研究从很早就开始了,但是和实时信息相结合近十多年左右才开始出现。例如,Eberlein 提出了实时的公交滞站调度、放车调度、越站调度^[4]。Delgado 考虑了增加乘客上车限制的手段的滞站调度^[5]。Yu 提出了基于服务可靠性的中途放车调度^[6]。但是需要指出的是,国外的公交调度一般都不针对首末站,因为研究者们认为首末站的发车时间中途站点的到站时间严格依据时刻表,乘客在搭乘公交车的时候就能够依据时刻表选择出行时间,而公交公司也尽可能追求车辆的准点率,从而保证依照时刻表出行的乘客不会在站点等待时间过长或者错过车辆。但是,我国公交公司发布的时刻表基本上只包含

了一天中首班车和末班车的时间,不会具体到每一个车次的发车时间,乘客在出行时,就不会依照时刻表而是随机到达站点;其次,公交公司在日常的运营过程当中,如果出现客流异常等情况,往往也是通过调度员对公交车的发车间隔进行人工的调整。

因此,本文建立了一个基于实时信息的公交单线路动态发车时间控制模型,优化的目标是乘客的等车时间最小,并设计了遗传算法进行求解。最后以一个客流变化的案例进行了实验,通过动态发车的控制,有效地减少了乘客的等车时间。

1 模型建立

1.1 滚动时间窗

本文考虑了一个单车型的单向线路,如图1所示,当公交车 $M+1$ 从首末站离站之后,对其之后发车的 M 辆车的发车时间进行重新计算,从而确定在这段时间内的最优发车时刻,这个时间段就称为一个规划周期。当又有新的车辆离开首末站时,再次对其后的 M 辆车的发车时间进行优化,这样随着时间的推进,规划周期不断向前滚动,每个规划周期内考虑 M 个车次的发车时间。

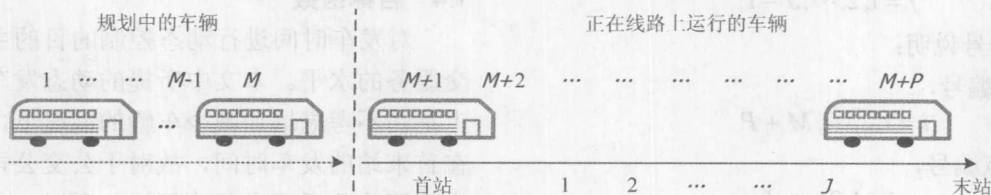


图1 单向线路的示意图

图1中表示在 $M+1$ 驶离首站的这一时刻整条线路的运营状态,在规划周期内,计划发车 M 辆,将其编号为: $1, 2, \dots, M$; 而在该时刻 t_0 , 有 P 辆车正行驶在首末站之间,将其编号为: $M+1, M+2, \dots, M+P$ 。现在的任务是:根据实时信息,对这 M 辆车的发车时间进行重新计算,优化的目标为这 M 个车次运营一个周期(从首站到末站)内,所有乘客的等车时间最小。

1.2 模型假设

- (1) 线路上运营的公交车车型统一。
- (2) 规划周期内没有交通事故的发生,道路保持通行状态。
- (3) 规划周期内,公交车在站点间保持匀速

运行,同一时段内在相同站点间的平均运行速度保持一致,并且是已知的。

(4) 通过一定的手段,可以对这个规划周期内的客流进行预测,能够给出每个站点客流随时间变化的函数。

(5) 公交车在每个站点都会服务,停靠时,乘客先下后上。因此,停靠的时间是乘客的上车时间、下车时间以及由于进出站加速减速所产生的一个缓冲时间三者求和。

(6) 公交车在线路上运行时,前后次序不变,也就是不允许超车的情况发生。

1.3 符号说明

在物联网环境下, t_0 时刻可以采集到以下的

数据:

N_j 正在站点 j 的等车的乘客数量,

$$j=1,2,\dots,J-1$$

τ_i 正在行驶的车辆 i 刚刚经过的上游站点的序号,

$$i=M+1,M+2,\dots,M+P$$

D_i^N 正在行驶的车辆 i 与刚刚经过的上游站点的距离,

$$i=M+1,M+2,\dots,M+P$$

$T_{i,j}^{d0}$ 正在行驶的车辆 i 离开已经行驶过站点 j 的离站时间,

$$i=M+1,\dots,M+P, j=1,2,\dots,\tau_i$$

$N_{i,j}^{b0}$ 正在行驶的车辆 i 到达已经行驶过的站点 j 后, 上车的乘客数量,

$$i=M+1,\dots,M+P, j=1,\dots,\tau_i$$

$N_{i,j}^{a0}$ 正在行驶的车辆 i 到达已经行驶过的站点 j 后, 下车的乘客数量,

$$i=M+1,\dots,M+P, j=1,\dots,\tau_i$$

同时, 假设以下的变量或表达式是可预测的:

T_i^- 待发车辆 i 到达首站的时间,

$$i=1,2,\dots,M$$

$\lambda_j = f_j(t)$ 站点 j 的乘客到达率函数,

$$j=1,2,\dots,J-1$$

其他符号说明:

i 车辆编号,

$$i=1,2,\dots,M+P$$

j 站点编号,

$$j=1,2,\dots,J$$

σ 车辆在站点停车由于加速减速所需要的缓冲时间

$C_{\max}$ 车辆的最大载客量

α 乘客上下车所需的平均时间 (秒/人)

q_j 车辆到达站点 j 后乘客的下车比率 (位于 0~1)

D_j 站点 $j-1$ 和 j 之间的距离 (m),

$$j=2,3,\dots,J$$

V_j 车辆在站点 $j-1$ 和 j 之间的运行速度,

$$j=2,3,\dots,J-1$$

$T_{i,j}^s$ 车辆 i 在站点 j 的停靠时间,

$$i=1,2,\dots,M+P, j=2,3,\dots,J-1$$

$T_{i,j}^d$ 车辆 i 离开站点 j 的时间,

$$i=1,2,\dots,M+P, j=1,2,\dots,J-1$$

$N_{i,j}^w$ 车辆 i 到达站点 j 时, 等车的乘客数量,

$$i=1,2,\dots,M+P, j=1,2,\dots,J-1$$

$N_{i,j}^b$ 车辆 i 到达站点 j 后, 上车的乘客数量,

$$i=1,2,\dots,M+P, j=1,2,\dots,J-1$$

$N_{i,j}^{fb}$ 车辆 i 到达站点 j 后, 未能上车的乘客数量,

$$i=1,2,\dots,M+P, j=1,2,\dots,J-1$$

$N_{i,j}^a$ 车辆 i 到达站点 j 后, 下车的乘客数量,

$$i=1,2,\dots,M+P, j=2,3,\dots,J$$

$N_{i,j}^l$ 车辆 i 在到达站点 j 时, 车上的乘客数量,

$$i=1,2,\dots,M+P, j=2,3,\dots,J$$

T_{avg} 最后一辆车所滞留乘客的预计等车时间 (单位乘客)

$LT_{\min}$ 达到终点站后的最小停靠时间

$H_{\min}$ 最大发车间隔

$H_{\min}$ 最小发车间隔

其中决策变量是:

$T_{i,1}^d$ 车辆 i 在首站的发车时间,

$$i=1,2,\dots,M$$

1.4 目标函数

对发车时间进行动态控制的目的主要提升公交服务的水平。本文中所提的动态发车策略实际上是在不考虑增加减少车辆的情况下, 调整车辆在首末站的发车时间, 故对于公交公司的运营成本的影响几乎可以忽略不计。所以, 从乘客的角度出发, 等车时间往往最能衡量其对于出行的满意程度, 因此本文建立了乘客等车时间最小的数学模型。

由于考虑车辆容量的限制, 将乘客的等车时间分为两个部分, 第一部分是乘客在达到站点后等待的第一辆到达的车辆的等车时间

$$W_{\text{first}} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{J-1} \int_{T_{i,j}^{d-1}}^{T_{i,j}^d} (T_{i,j}^d - t) f_i(t) dt \quad (1)$$

第二部分是乘客在到达站点后由于车辆满员而需要等待之后车辆的等车时间, 对于规划周期内最后一辆车, 如果滞留乘客, 则考虑其可能的预计等车时间。

$$W_{\text{after}} = \sum_{i=2}^M \sum_{j=1}^{J-1} N_{i,j}^{fb} (T_{i-1,j}^d - T_{i,j}^d) + T_{\text{avg}} \sum_{j=1}^{J-1} N_{i,j}^{fb} \quad (2)$$