



同济大学 1907-2017
Tongji University



同济博士论丛
TONGJI Dissertation Series

总主编 伍江 副总主编 雷星晖

邵敏华 孙立军 著

网络交通评价方法、 指标体系及影响因素研究

Research on the Evaluation Method, Indicators
and Influencing Factors of the Traffic Service
Quality for Urban Road Network



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



同济博士论丛
TONGJI Dissertation Series

总主编 伍江 副总主编 雷星晖

邵敏华 孙立军 著

网络交通评价方法、 指标体系及影响因素研究

Research on the Evaluation Method, Indicators
and Influencing Factors of the Traffic Service
Quality for Urban Road Network



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书针对目前城市路网服务水平研究中存在的系统研究薄弱、指标类型混杂、阈值多样等问题,从服务水平的概念和通行能力的定义入手,提出了面向城市路网服务水平的评价指标体系,并就其中一些指标给出了影响因素分析方法和分析结果。

本书适合相关专业的研究人员、学生及感兴趣的读者阅读参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

网络交通评价方法、指标体系及影响因素研究 / 邵敏华, 孙立军著. —上海: 同济大学出版社, 2018. 5
(同济博士论丛 / 伍江总主编)
ISBN 978-7-5608-7830-0

I. ①网… II. ①邵… ②孙… III. ①城市交通网—
交通运输管理—研究 IV. ①U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 088198 号

网络交通评价方法、指标体系及影响因素研究

邵敏华 孙立军 著

出品人 华春荣 责任编辑 王有文 熊磊丽
责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)
经 销 全国各地新华书店
排版制作 南京展望文化发展有限公司
印 刷 浙江广育爱多印务有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 12.75
字 数 255 000
版 次 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-7830-0

定 价 61.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

“同济博士论丛”编写领导小组

组 长：杨贤金 钟志华

副 组 长：伍 江 江 波

成 员：方守恩 蔡达峰 马锦明 姜富明 吴志强
徐建平 吕培明 顾祥林 雷星晖

办公室成员：李 兰 华春荣 段存广 姚建中

“同济博士论丛”编辑委员会

总 主 编：伍 江

副 总 主 编：雷星晖

编委会委员：（按姓氏笔画顺序排列）

丁晓强	万 钢	马卫民	马在田	马秋武	马建新
王 磊	王占山	王华忠	王国建	王洪伟	王雪峰
尤建新	甘礼华	左曙光	石来德	卢永毅	田 阳
白云霞	冯 俊	吕西林	朱合华	朱经浩	任 杰
任 浩	刘 春	刘玉擎	刘滨谊	闫 冰	关佶红
江景波	孙立军	孙继涛	严国泰	严海东	苏 强
李 杰	李 斌	李风亭	李光耀	李宏强	李国正
李国强	李前裕	李振宇	李爱平	李理光	李新贵
李德华	杨 敏	杨东援	杨守业	杨晓光	肖汝诚
吴广明	吴长福	吴庆生	吴志强	吴承照	何品晶
何敏娟	何清华	汪世龙	汪光焘	沈明荣	宋小冬
张 旭	张亚雷	张庆贺	陈 鸿	陈小鸿	陈义汉
陈飞翔	陈以一	陈世鸣	陈艾荣	陈伟忠	陈志华
邵嘉裕	苗夺谦	林建平	周 苏	周 琪	郑军华
郑时龄	赵 民	赵由才	荆志成	钟再敏	施 骞
施卫星	施建刚	施惠生	祝 建	姚 熹	姚连璧

袁万城	莫天伟	夏四清	顾 明	顾祥林	钱梦騄
徐 政	徐 鉴	徐立鸿	徐亚伟	凌建明	高乃云
郭忠印	唐子来	閻耀保	黄一如	黄宏伟	黄茂松
戚正武	彭正龙	葛耀君	董德存	蒋昌俊	韩传峰
童小华	曾国荪	楼梦麟	路秉杰	蔡永洁	蔡克峰
薛 雷	霍佳震				

秘书组成员：谢永生 赵泽毓 熊磊丽 胡晗欣 卢元姍 蒋卓文

总序

在同济大学 110 周年华诞之际，喜闻“同济博士论丛”将正式出版发行，倍感欣慰。记得在 100 周年校庆时，我曾以《百年同济，大学对社会的承诺》为题作了演讲，如今看到付梓的“同济博士论丛”，我想这就是大学对社会承诺的一种体现。这 110 部学术著作不仅包含了同济大学近 10 年 100 多位优秀博士研究生的学术科研成果，也展现了同济大学围绕国家战略开展学科建设、发展自我特色，向建设世界一流大学的目标迈出的坚实步伐。

坐落于东海之滨的同济大学，历经 110 年历史风云，承古续今、汇聚东西，秉持“与祖国同行、以科教济世”的理念，发扬自强不息、追求卓越的精神，在复兴中华的征程中同舟共济、砥砺前行，谱写了一幅幅辉煌壮美的篇章。创校至今，同济大学培养了数十万工作在祖国各条战线上的人才，包括人们常提到的贝时璋、李国豪、裘法祖、吴孟超等一批著名教授。正是这些专家学者培养了一代又一代的博士研究生，薪火相传，将同济大学的科学研究和学科建设一步步推向高峰。

大学有其社会责任，她的社会责任就是融入国家的创新体系之中，成为国家创新战略的实践者。党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央高度重视科技创新，对实施创新驱动发展战略作出一系列重大决策部署。党的十八届五中全会把创新发展作为五大发展理念之首，强调创新是引领发展的第一动力，要求充分发挥科技创新在全面创新中的引领作用。要把创新驱动发展作为国家的优先战略，以科技创新为核心带动全面创新，以体制机制改

革激发创新活力,以高效率的创新体系支撑高水平的创新型国家建设。作为人才培养和科技创新的重要平台,大学是国家创新体系的重要组成部分。同济大学理当围绕国家战略目标的实现,作出更大的贡献。

大学的根本任务是培养人才,同济大学走出了一条特色鲜明的道路。无论是本科教育、研究生教育,还是这些年摸索总结出的导师制、人才培养特区,“卓越人才培养”的做法取得了很好的成绩。聚焦创新驱动转型发展战略,同济大学推进科研管理体系改革和重大科研基地平台建设。以贯穿人才培养全过程的一流创新创业教育助力创新驱动发展战略,实现创新创业教育的全覆盖,培养具有一流创新力、组织力和行动力的卓越人才。“同济博士论丛”的出版不仅是对同济大学人才培养成果的集中展示,更将进一步推动同济大学围绕国家战略开展学科建设、发展自我特色、明确大学定位、培养创新人才。

面对新形势、新任务、新挑战,我们必须增强忧患意识,扎根中国大地,朝着建设世界一流大学的目标,深化改革,勠力前行!

万 钢

2017年5月

论丛前言

承古续今,汇聚东西,百年同济秉持“与祖国同行、以科教济世”的理念,注重人才培养、科学研究、社会服务、文化传承创新和国际合作交流,自强不息,追求卓越。特别是近20年来,同济大学坚持把论文写在祖国的大地上,各学科都培养了一大批博士优秀人才,发表了数以千计的学术研究论文。这些论文不但反映了同济大学培养人才能力和学术研究的水平,而且也促进了学科的发展和国家的建设。多年来,我一直希望能有机会将我们同济大学的优秀博士论文集中整理,分类出版,让更多的读者获得分享。值此同济大学110周年校庆之际,在学校的支持下,“同济博士论丛”得以顺利出版。

“同济博士论丛”的出版组织工作启动于2016年9月,计划在同济大学110周年校庆之际出版110部同济大学的优秀博士论文。我们在数千篇博士论文中,聚焦于2005—2016年十多年间的优秀博士学位论文430余篇,经各院系征询,导师和博士积极响应并同意,遴选出近170篇,涵盖了同济的大部分学科:土木工程、城乡规划学(含建筑、风景园林)、海洋科学、交通运输工程、车辆工程、环境科学与工程、数学、材料工程、测绘科学与工程、机械工程、计算机科学与技术、医学、工程管理、哲学等。作为“同济博士论丛”出版工程的开端,在校庆之际首批集中出版110余部,其余也将陆续出版。

博士学位论文是反映博士研究生培养质量的重要方面。同济大学一直将立德树人作为根本任务,把培养高素质人才摆在首位,认真探索全面提高博士研究生质量的有效途径和机制。因此,“同济博士论丛”的出版集中展示同济大

学博士研究生培养与科研成果,体现对同济大学学术文化的传承。

“同济博士论丛”作为重要的科研文献资源,系统、全面、具体地反映了同济大学各学科专业前沿领域的科研成果和发展状况。它的出版是扩大传播同济科研成果和学术影响力的重要途径。博士论文的研究对象中不少是“国家自然科学基金”等科研基金资助的项目,具有明确的创新性和学术性,具有极高的学术价值,对我国的经济、文化、社会发展具有一定的理论和实践指导意义。

“同济博士论丛”的出版,将会调动同济广大科研人员的积极性,促进多学科学术交流、加速人才的发掘和人才的成长,有助于提高同济在国内外的竞争力,为实现同济大学扎根中国大地,建设世界一流大学的目标愿景做好基础性工作。

虽然同济已经发展成为一所特色鲜明、具有国际影响力的综合性、研究型大学,但与世界一流大学之间仍然存在着一定差距。“同济博士论丛”所反映的学术水平需要不断提高,同时在很短的时间内编辑出版 110 余部著作,必然存在一些不足之处,恳请广大学者,特别是有关专家提出批评,为提高同济人才培养质量和同济的学科建设提供宝贵意见。

最后感谢研究生院、出版社以及各院系的协作与支持。希望“同济博士论丛”能持续出版,并借助新媒体以电子书、知识库等多种方式呈现,以期成为展现同济学术成果、服务社会的一个可持续的出版品牌。为继续扎根中国大地,培育卓越英才,建设世界一流大学服务。

伍 江

2017 年 5 月

前言

本书针对目前城市路网服务水平研究中存在的系统研究薄弱、指标类型混杂、阈值多样等问题,从服务水平的概念和通行能力的定义入手,提出了面向城市路网服务水平的评价指标体系,并就其中一些指标给出了影响因素分析方法和分析结果。

作为服务水平评价的基础环节,本书首先分析了已有的城市道路通行能力的定义方法,并针对其中存在的问题,提出了基于试验交通工程学的“等效通行能力”概念和模型。进而研究了其理论基础、现场调查和数据分析方法,给出了模型形式和变量含义,并确定了调查道路长度和分析周期长度等推荐值。

接着书中给出了等效通行能力影响因素分析的方法程序——分析-标定法。在对理想模型中的变量与参数进行理论分析和调查标定的基础上,建立了影响因素理论分析模型。基于这一模型,分析了采用分析-标定法对影响等效通行能力和等效自由流车速的七个影响因素。其中六个为理论分析模型中的参数。采用理论分析法,基于设定的标准条件,回归得到了各因素的修正项公式,并进一步研究了其中主要影响因素间的交互作用,给出了修正值诺模图。对于“非机动车”影响因素,则

分析了采用理论分析与现场调查相结合的方法,给出了其影响推荐值。

基于等效通行能力,书中重新阐述了城市路网服务水平概念和评价方法、指标。新的概念从服务水平评价的目的出发,综合考虑人的感知机理和管理人员的决策过程,将其分为设施供给水平和现状交通运行水平两个方面。在新概念指导下,提出了交叉口、道路和网络三个层次的评价指标体系和各指标的计算方法。其中,基于实用性的考虑,面向网络层面提出了已知 OD 情况下的理论指标和未知 OD 情况下的实用指标,研究表明,经过修正后的实用指标与理论指标具有良好的一致性。

基于等效通行能力影响因素分析,路网在路网设计问题中考虑了交叉口间距的影响:针对局部路网,讨论了“新建道路”和“现有干线道路交叉口改造立交”两类路网扩容措施中的合理交叉口间距的确定方法,并给出了简单的算例;针对离散路网设计问题,在已有模型中引入了路网生成算子来考虑交叉口间距的影响,并给出了路网生成算子的算法程序和改进路网设计模型求解的退火遗传算法,同样给出了简单算例。

最后,对进一步的工作方向进行了简要的讨论。

目 录

总序

论丛前言

前言

第 1 章 序言	1
1.1 研究背景与必要性	1
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 各国通行能力手册中的有关研究	3
1.2.2 通行能力手册以外的有关研究	9
1.2.3 总结	16
1.3 研究内容和技术路线	17
1.3.1 研究范围设定	17
1.3.2 研究的主要内容	17
1.3.3 研究的技术路线	18
第 2 章 等效通行能力概念和调查方法	19
2.1 已有道路通行能力研究简述	19

2.1.1	道路通行能力理论研究	19
2.1.2	道路通行能力应用研究	21
2.2	已有研究问题分析	22
2.2.1	已有研究的基本假设	22
2.2.2	关于上述假设的分析	23
2.3	等效通行能力	30
2.3.1	等效通行能力概念	31
2.3.2	等效通行能力的理论基础——间断流下的流-密-速 关系	32
2.3.3	等效通行能力的获得	34
2.4	本章小结	40
第3章	等效通行能力影响因素分析方法	42
3.1	影响因素分析方法	42
3.2	影响因素分析理想模型的建立	44
3.2.1	路段行程时间	45
3.2.2	交叉口延误时间	46
3.2.3	总行程时间	50
3.2.4	理想模型的建立	51
3.3	模型参数和变量分析	52
3.3.1	参数分析	52
3.3.2	变量分析—— Q	58
3.4	理论分析模型的建立	63
3.5	理论分析模型的求解	64
3.6	本章小结	65

第 4 章 等效通行能力和等效自由流车速影响因素分析	67
4.1 基于理论分析的影响因素剥离	67
4.1.1 等效通行能力影响因素分析	68
4.1.2 等效自由流车速影响因素分析	88
4.2 基于理论分析和现场调查的影响因素剥离	96
4.2.1 $\bar{R}$ 中影响因素剥离的一般方法	96
4.2.2 “非机动车”影响分析	97
4.3 本章小结	99
第 5 章 城市路网服务水平评价指标体系	102
5.1 服务水平研究目的解析	102
5.1.1 交通状况的形成机理	102
5.1.2 出行者对交通状况的感受	103
5.1.3 决策参考	103
5.2 服务水平概念新解	104
5.3 评价指标体系	105
5.3.1 指标选择的基本原则	105
5.3.2 评价指标	106
5.3.3 服务水平评价指标体系	127
5.4 本章小结	128
第 6 章 局部路网合理交叉口间距问题分析	129
6.1 增加道路的合理性判别	129
6.1.1 道路基本条件假设	129
6.1.2 增加道路的影响范围分析	130
6.1.3 增加道路的合理性判别	136

6.2	干线交叉口改建立交后的合理间距	139
6.2.1	合理间距的计算原理	140
6.2.2	合理间距的计算结果示例	143
6.3	本章小结	148
第7章	考虑交叉口间距的离散路网设计问题探讨	150
7.1	离散路网设计问题简述	150
7.1.1	预算约束的 DNDP	152
7.1.2	无预算约束的 DNDP	152
7.2	Braess 诡异	153
7.2.1	Braess 诡异出现条件分析	153
7.2.2	考虑交叉口间距影响的 Braess 诡异	156
7.3	考虑交叉口间距影响的离散路网设计模型	158
7.3.1	模型设计	159
7.3.2	路网生成算子	160
7.3.3	模型求解	163
7.3.4	算例	166
7.4	本章小结	168
第8章	结论与展望	170
8.1	结论	170
8.2	研究展望	174
	参考文献	176
	后记	184

第 1 章

序 言

1.1 研究背景与必要性

出行质量是衡量城市生活质量的重要指标之一,而伴随经济增长而产生的交通拥挤问题几乎不可避免地成为国内外城市发展中所面临的瓶颈问题。一项针对美国 85 个城市交通畅通性评价的研究表明^[1],从 1982 年到 2003 年约 20 年间,采用机动车作为交通工具的出行者的高峰时间年人均延误从 16 小时攀升到 47 小时,增加了近 2 倍,且拥挤的持续时间和分布范围也都有了明显的增长和扩大。而我国目前一般城市干道上机动车的运行速度只有 15~20 km/h,大城市中心区仅为 10~15 km/h^[2],远低于国际上的交通标准——18 km/h。交通拥挤问题成为制约城市发展的关键问题之一。为此,国内外许多交通研究人员和交通工程师从理论和工程的角度提出了多种技术方法和工程措施:从简单的道路设施扩建到信号灯的优化控制,从公交优先政策到近年来在新加坡、伦敦等地陆续实施的拥挤收费管理,从交通信息发布到智能交通诱导等。在这一过程中,一系列问题摆在了人们的面前:如何评价路网的交通运行状态以判断交通改善技术实施的必要性?交通改善措施选用的依据是什么?如何评价这些技术方法和工程措施的实施效果?所有这些问题的解答都基于交通工程研