



道路网短时交通需求预测 理论、方法及应用

邵春福 熊志华 姚智胜 著

清华大学出版社

国家科学技术学术著作基金资助出版

道路网短时交通需求预测 理论、方法及应用

邵春福 熊志华 姚智胜 著

清华大学出版社

北 京

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

道路网短时交通需求预测理论、方法及应用/邵春福,熊志华,姚智胜著. --北京:清华大学出版社,2011.3

ISBN 978-7-302-23895-9

I. ①道… II. ①邵… ②熊… ③姚… III. ①道路网—交通运输管理
IV. ①U491

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第185445号

责任编辑:梁恩忠

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机:010-62770175

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

地址:北京清华大学学研大厦A座

邮编:100084

邮购:010-62786544

印装者:北京嘉实印刷有限公司

经销:全国新华书店

开本:175×245

印张:13

字数:264千字

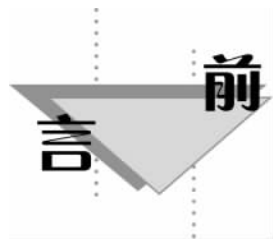
版次:2011年3月第1版

印次:2011年3月第1次印刷

印数:1~2000

定价:29.00元

产品编号:036716-01



从 20 世纪末期开始,智能交通系统在世界范围内得到大力提倡和迅速发展,我国一些大城市也已经初步构建起交通信息采集、处理和发布系统平台。然而,其基础理论支持的不足影响着该系统的发展和道路交通管理的效率。古典道路交通流理论也缺少对信息服务条件下交通流状态的描述,因此借助于现代交通信息采集技术、通信技术、网络技术和计算机技术等,创建现代交通流理论已经成为我国乃至世界交通领域的研究热点课题。

社会经济的快速发展带来了道路交通拥堵的外部成本,而人们生活水平的提高又追求高的出行质量。节能减排和低碳社会的形成,给对空间污染排放“贡献”最大的道路交通系统提出了更高的要求。在这些环境下,最大限度地利用道路资源,利用科学理论进行分析,对道路网交通流准确、快速的短时判别和预测,是当前智能交通系统发展的首要任务,也能为交通诱导、交通管理策略的制定以及交通组织提供理论基础。

国家自然科学基金项目“基于实时数据的道路网交通状态预测及其可靠性研究”是在道路网交通状态参数实时、动态、智能获取条件下,对交通状态参数预测的理论、方法和应用及其可靠性问题的研究。国家重点基础研究发展计划 973 项目“大城市交通拥堵瓶颈的基础科学问题研究”以及国家科技支撑计划课题“道路交通安全评估预警关键技术研究”和“北京奥运智能交通管理与服务综合系统”项目的实施为作者提供了研究交通状态短时预测方法的条件和挑战。

本书着眼于网络状态下、基于实时数据的道路交通状态短时预测问题,介绍了多种预测方法和模型的基本原理,尤其是针对交通流在时间滞后和空间流动的网络交通流状态,分别以时间序列、线性、非线性和人工智能预测为基础,建立多断面的交通状态预测模型,并给出了相应的算法和应用案例,以利用这些方法解决实际问题。本书作者旨在为读者提供涉及领域集基本环境、基本理论和方法及应用为一体的基础理论和研究方法体系。

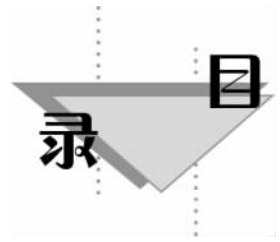
本书由邵春福教授、熊志华博士和姚智胜博士共同完成,其中邵春福教授撰写第 1 章、第 2 章和第 4 章,并负责总体设计和全文统稿;熊志华博士撰写第 3 章、第 5 章、第 6 章和第 10 章;姚智胜博士撰写第 7 章、第 8 章和第 9 章。

本书得到国家自然科学基金项目“基于实时数据的道路网交通状态预测及其可靠性研究(批准号:50578009)”、国家重点基础研究发展计划 973 项目“大城市交通拥堵瓶颈的基础科学问题研究(批准号:2006CB705500)”、国家科技支撑计划课题“道路交通安全评估预警关键技术研究(批准号:2007BAK35B06)”以及国家科技支撑计划课题“北京奥运智能交通管理与服务综合系统 2006BAG01A01”的资助,在此表示感谢。

由于作者水平所限,难免存在错误和不足,敬请各位读者批评指正。

作者

2010 年 11 月



第 1 章 绪论	1
1.1 城市交通与信息服务	1
1.2 一般预测问题	3
1.2.1 预测的分类.....	3
1.2.2 预测的程序.....	5
1.3 交通状态短时预测概述	6
1.4 交通状态短时预测研究现状	8
第 2 章 交通流短时预测基础	10
2.1 交通流时空特性参数.....	10
2.1.1 交通流基本参数	10
2.1.2 交通流基本参数的统计分布	12
2.1.3 交通流基本参数的关系模型	16
2.2 基本流程、特点及要求	23
2.3 交通流数据预处理技术.....	25
2.3.1 交通流数据的来源	25
2.3.2 数据融合	27
2.3.3 交通流数据故障的识别	28
2.3.4 交通流故障数据的修复方法	30
2.3.5 交通流数据的整理	31
第 3 章 交通状态可靠性评价方法	35
3.1 行程时间可靠性基本理论.....	35
3.1.1 路网可靠性提出背景	35
3.1.2 行程时间可靠性统计的可行性	37
3.2 行程时间可靠性指标体系.....	38
3.2.1 可靠性指标体系	38
3.2.2 行程时间可靠性指标	40

3.3	交通状态可靠性实证分析	44
3.3.1	实证分析的程序	44
3.3.2	行程时间可靠性评价	46
3.3.3	服务水平与可靠性	54
3.3.4	风险与可靠性	55
3.3.5	可靠性与成本效益关系	55
第4章	交通状态短时预测的基本方法	58
4.1	短时预测方法综述	58
4.1.1	基于线性系统理论的预测方法	58
4.1.2	基于知识发现的智能模型预测方法	59
4.1.3	基于非线性系统理论的预测方法	60
4.1.4	基于组合模型的预测方法	61
4.1.5	基于交通模拟的预测方法	61
4.2	回归分析预测方法	61
4.2.1	模型概述	61
4.2.2	一元线性回归预测法	62
4.2.3	多元线性回归模型	65
4.2.4	非线性回归预测法	67
4.3	确定型时间序列预测方法	68
4.3.1	时间序列分析预测法概述	68
4.3.2	移动平均法	70
4.3.3	指数平滑法	72
4.3.4	差分-指数平滑法	74
4.3.5	自适应滤波算法	75
第5章	随机型时间序列预测方法	77
5.1	随机时间序列预测的基本概念	77
5.1.1	随机时间序列	77
5.1.2	交通状态预测时间序列模型	78
5.2	交通流短时预测的时间序列方法	78
5.2.1	自回归模型	78
5.2.2	滑动平均模型	81
5.2.3	自回归滑动平均模型	83
5.2.4	时间序列的预报	87
5.2.5	Box-Jenkins 模型	89

5.3	多维时间序列分析	91
第6章	城市道路交通状态数据的时空相关性	93
6.1	交通流数据的时空相关性概述	93
6.2	多断面交通流预测现状	94
6.3	相关性方法研究	95
6.3.1	相关系数算法	96
6.3.2	多维标度法	97
6.3.3	聚类分析	98
6.4	多维标度法在交通流数据相关性分析中应用	99
6.4.1	多维标度法分析	99
6.4.2	多维标度法实例分析	101
6.5	聚类分析在交通流数据相关性分析中应用	105
6.5.1	系统聚类法原理	105
6.5.2	路网相关性的应用	106
6.5.3	聚类分析结果及分析	107
第7章	基于状态空间模型的道路网多断面短时交通流预测模型	111
7.1	状态空间模型分析	111
7.1.1	状态空间模型的一些基本概念	111
7.1.2	状态空间描述	112
7.2	卡尔曼滤波理论	113
7.2.1	卡尔曼滤波器的基本原理	113
7.2.2	卡尔曼滤波估计的方法	115
7.2.3	求解状态空间模型步骤	116
7.3	道路网短时交通流预测状态空间模型	117
7.3.1	多断面状态空间模型的建立	117
7.3.2	状态空间模型的参数估计	118
7.3.3	道路网多断面交通流的预测	120
7.4	实证性研究	121
7.4.1	数据来源及计算结果	121
7.4.2	计算结果分析	125
第8章	基于支持向量机回归的道路网多断面短时交通流预测模型	128
8.1	支持向量机理论	128
8.1.1	机器学习	128

8.1.2	支持向量机	130
8.2	遗传算法	133
8.2.1	基本原理和基本结构	134
8.2.2	主要特征	135
8.3	道路网多断面短时交通流支持向量机回归预测模型	136
8.3.1	模型的建立	137
8.3.2	参数选取的讨论	138
8.4	实证性研究	140
8.4.1	数据来源及计算结果	140
8.4.2	计算结果分析	144
第9章	基于混沌时间序列的道路网多断面短时交通流预测模型	147
9.1	混沌时间序列理论	147
9.1.1	混沌基本理论	147
9.1.2	一维混沌时间序列	149
9.1.3	多维混沌时间序列	151
9.2	粒子群优化算法	152
9.2.1	基本原理	152
9.2.2	基本流程	153
9.2.3	带有惯性权重的改进粒子群优化算法	155
9.3	道路网多断面短时交通流混沌时间序列预测模型	155
9.3.1	预测模型的建立	156
9.3.2	预测方法	157
9.3.3	参数的选择	158
9.4	实证性研究	159
9.4.1	数据来源及计算结果	159
9.4.2	计算结果分析	163
9.4.3	三种多断面预测方法的对比分析	165
第10章	基于神经网络的路网短时交通流预测	167
10.1	神经网络基本知识	167
10.1.1	神经元的数学模型	167
10.1.2	神经网络的拓扑结构	168
10.1.3	神经网络的学习方法	169
10.1.4	神经网络模型种类	169
10.1.5	BP神经网络模型	170

10.2	广义回归神经网络·····	172
10.2.1	模型特点·····	172
10.2.2	网络结构·····	173
10.2.3	预测模型的步骤·····	174
10.3	网络状态下的短时交通流量预测·····	175
10.3.1	模型构造·····	175
10.3.2	路网短时预测结果·····	177
10.3.3	与基于点、线的交通流量预测结果对比分析 ·····	180
	参考文献 ·····	182

绪 论

1.1 城市交通与信息服务

城市交通系统是承载城市经济社会活动的基础设施,城镇化的快速发展和机动车保有量的激增引发城市交通需求快速增长,城市交通的供需矛盾日趋激化,在我国大城市普遍引发了道路交通拥堵、空气污染和交通事故频发等问题。北京市和上海市中心区的高峰期车辆平均时速不足 20 km/h;交通拥堵还导致交通运输效率下降和能耗增加等。研究表明,当汽车的时速从 40 km/h 降至 10 km/h 时,燃料消耗量增加 1 倍,环境负荷增加 2~4 倍。北京市机动车排放氮氧化物、一氧化碳的空气污染贡献率已经高达 46%和 63%,上海市机动车排放一氧化碳的空气污染贡献率高达 61%。2010 年“第一次全国污染源普查公报”显示,机动车氮氧化物排放量占排放总量的 30%,对城市空气污染影响很大,机动车尾气是低空排放,对人类健康威胁更大。据公安部统计,2009 年,全国共发生道路交通事故 238 351 起,造成 67 759 人死亡、275 125 人受伤,直接财产损失 9.1 亿元。因此,城市交通问题已经成为关系城市经济和社会发展的重要问题之一。

智能交通系统(intelligent transportation systems,ITS)作为一种实时、高效、准确的新型交通运输系统,从 20 世纪末期开始,在世界范围内获得提倡和迅速发展,为最大限度地挖掘交通系统资源、均衡交通流、缓解交通拥堵提供了有效的途径。美国的 ITS 应用在车辆安全系统、电子收费、公路及车辆管理系统、导航定位系统、商业车辆管理系统方面发展较快。日本的 ITS 主要应用在交通信息提供、电子收费、公共交通、商业车辆管理以及紧急车辆优先等方面。日本特别重视 ITS 技术的商品化发展,比如道路交通信息通信系统(vehicle information and communication system, VICS),1996 年开始投入使用,已形成巨大市场,截至 2009 年上半年,日本 VICS 车载机的销售量累计已经达到 25 181 266 台。欧洲注重构建 ITS 基础平台,进行远程信息处理技术(Telematic)的全面开发,计划在欧洲建立专门的交通(以道路交通为主)无线数据通信网,正在开发先进的出行信息服务系统、先进的车辆控制系统、先进的商业车辆运行系统、先进的电子收费系统等。

发达国家交通发展实践表明,智能交通系统的建设是缓解道路交通拥堵、减少汽车尾气污染排放和交通事故发生等交通问题的有效途径之一。在组成智能交通系统的多个重要组成部分中,道路交通流状态的动态分析和预测是一项非常重要的基础理论。采用有效的道路交通流动态分析技术对前端采集的历史数据及当前交通流数据进行快速分析和实时、准确的判别与预测,为道路交通系统的交通信息服务、交通诱导、交通管制以及交通拥堵问题的缓解提供强有力的技术支持,提高交通系统的控制与诱导的效果。

随着交通信息化的发展,我国一些大城市已经初步构建起交通信息采集、处理和发布系统平台。“九五”期间,我国确立了智能交通系统的框架;“十五”期间,国家科技攻关重大专项中设立了“智能交通系统关键技术开发和示范工程”项目,选择了北京、上海、广州、杭州、重庆等 10 个示范城市进行 ITS 工程示范,建设智能化交通管理系统和交通信息服务系统,力争使示范城市行车平均速度提高 10 km/h,减少事故发生延误时间 30%;“十一五”期间国家又设立了国家 973、863、国家科技支撑计划项目以及部际联合行动计划专项,投入了更多资金进行基础理论研究、高新技术和系统开发以及研究成果的产业化等,获得了一些典型成果。

北京市的智能交通实时、动态管理系统构架起交通管理数据中心、交通管理综合业务应用平台和交通管理对外信息发布平台等。北京公众出行网为公众提供了动态交通信息、交通基础设施信息、客运信息、交通黄页、出行常识等服务,其实时路况信息发布系统提供了快速、直观查询北京交通状况的服务,路况信息每 5 min 更新一次,以地图形式实时展示北京市五环路以内几乎所有主要道路的交通状况。北京的国家科技支撑计划课题“北京奥运智能交通管理与服务综合系统”建设,为 2008 年北京奥运会的成功举办奠定了坚实的基础。

“十五”期间,上海市初步建成了以“三网一库一平台”为基本结构的交通电子政务框架,三网指城市交通系统行政管理内网、公众服务外网、行业信息专网,一平台为综合信息平台,一库为综合数据库,实现了城市交通系统内的信息采集、处理分析和初步发布功能。快速路和主要干道实现智能交通诱导系统的全面覆盖,初步建成城市道路综合信息平台。为保障上海世博会期间交通安全顺畅,观光交通与社会交通和谐运转,上海市完成了道路交通信息采集一期工程,实现地面道路、快速路、高速公路的信息采集系统(包括线圈、视频)的接入,并着手实施道路交通信息采集发布系统二期工程。依托于上海交通综合信息平台的建设,完善相关交通信息的接入、交互、共享的示范工程,为交通信息服务提供基础的数据支撑。

广州 ITS 共用信息平台实现了交通流数据的收集、融合与处理、多种方式发布,具备道路拥堵趋势分析、公交线路行车速度分析、出租车辆分布变化、线路优选、行车诱导、客运票务查询等信息服务功能。

上述成果表明,现阶段我国已建设了智能交通系统构架和必要的信息平台,但是其建设深度和广度尚有待于进一步完善,支撑其深度发展的智能交通基础理论尚未

形成,这些都影响着我国智能交通系统的发展和居民出行和物流的效率。

随着社会经济实力和交通科技水平的不断提高,交通信息采集、处理和发布设备的性价比日趋合理,为获取实时数据奠定了重要的物质基础。我国的大城市快速路和主干道逐渐设置了交通流参数自动获取装置,将道路交通流(主要指机动车流)的信息(车速、流量、占有率、紧急事件报警等),通过信息采集、处理与分析,将实时动态的信息服务于出行者已经成为可能。利用交通流参数自动获取装置硬件和软件平台,充分发挥其作用,利用科学理论进行可靠的分析和预测,提供给用户,诱导用户进行最适合自己的路径选择,有利于用户避开拥堵区段,减少不必要的出行时间损失,提高行驶效率和交通安全,减轻交通环境负荷,最大限度地利用道路资源,对于提升我国城市交通的基础理论及其应用水平均具有重要意义,也是非常重要且亟待解决的课题之一。

综上所述,古典道路交通流理论需要与现代交通信息采集技术、通信技术、网络技术和计算机技术等有机结合,创建新的理论已经成为我国乃至世界交通领域的研究热点,将为道路交通系统的交通流状态预测、交通诱导、交通管理策略的制定以及交通拥堵问题的缓解提供理论基础。

1.2 一般预测问题

预测是人们根据事物之间的相互联系,事物发展的历史及显示资料,利用已经掌握的科学知识和手段,对客观事物的未来发展状况或趋势进行事前分析和推断的科学和艺术,从而为制定计划或进行决策提供客观依据。

古代谚语“人无远虑,必有近忧”,“凡事预则立,不预则废”就是人们在生活中重视预测的最好说明。但是,由于受知识和认识手段的限制,古代的预测主要是依靠主观经验以及直观的分析,借助一些先兆信息加以推断,有时甚至会出现一些错误的判断和迷信的东西。

1.2.1 预测的分类

随着科学技术的发展,认识手段的不断丰富,人们越来越重视把现代知识,以及先进的认知手段与预测过程进行结合,预测逐渐成为一门独立的学问,在经济、社会、科技各个领域都得到广泛的应用,预测理论也日臻完善,可以从不同角度加以分类。

(1) 按照预测对象的不同,预测可分为经济预测、社会预测、科学预测、技术预测和军事预测等。

经济预测是对经济事物未来发展变化的预测,包括国民经济预测、企业经济预测、部门或地区经济预测等。经济预测是为未来经济决策服务的,因此,制定决策的正确性,需要由预测提供有关未来的信息,使决策者增加对未来的了解,从而把不确定性或无知程度降低到最低,并尽可能从各种备选方案中作出最优决策。

社会预测是对有关社会发展问题的预测。如对社会制度、社会发展模式、社会人口构成、社会生活方式、教育及文化生活等进行的预测。

科学预测是对有关社会科学发展趋势与影响的预测。如对科学体制与结构的变化、科学知识发展的趋势、科学研究的动向,科技进步对经济、社会的影响等进行的预测。

技术预测是对有关技术发展趋势、技术发明、应用成果及经济前景、社会影响等方面的预测。技术预测还可以根据技术发展阶段分为基础研究预测、应用研究预测、开发研究预测和生产需求预测等。

军事预测是以国防和战争方面的课题为研究对象的预测。

(2) 按预测性质,可分为定性预测、定量预测和综合预测。

定性预测是利用已有的主观认知经验和逻辑判断与推理方法为主,对事物未来发展状况与趋势进行的推测和判断。定性预测一般用于缺乏历史统计资料的事件,或者历史统计资料不全,而更多地需要专家经验的情况进行预测,如新产品销售情况的预测、新技术发展趋势的预测等。定性预测的准确程度,主要取决于预测者的实践经验、业务水平和理论知识及掌握的情况、分析判断的能力。常用的有德菲尔法(Delphi)、市场调查法、主观概率法及类推法等。

定量预测是指根据准确、及时、系统、全面的调查统计资料和经济信息,运用统计方法和数学模型,对事物发展前景的规模、水平和比例关系等做出预测。由于定量预测和统计资料、统计方法有密切关系,所以也称为统计预测。它包括时间序列预测和因果关系预测等。因果关系预测是把客观事物之间内在的因果关系,转换成一种数学语言,找出自变量和因变量,用一种近似的函数关系表示出来,并依靠历史统计数据,建立相应的数学模型(因果模型),然后根据自变量的数量变化预测因变量变化的预测方法。因果关系预测比较适用于事物之间的因果关系清晰,且具备比较全面的横向统计数据资料的情况。根据反映因果关系的方程式,因果关系预测主要有线性回归模型、非线性回归模型等。

时间序列预测是把客观事物发展自身的内在动力或惯性趋势,转换成一种数学语言,用不同时期或时点上的变量间变化关系表示出来,考察变量随时间的发展变化规律,用变量以往的纵向统计资料建立数学模型(时序模型)进行外推预测的方法。时间序列预测适用于客观事物发展内在趋势明确,又具有纵向统计资料的情况,主要有指数平滑预测法、趋势预测法等。

综合预测是指两种以上方法的组合运用。这种综合通常表现为定性预测和定量预测的综合,有时是两种以上定量预测方法的综合。多种预测方法有机结合的组合预测方法,在实际应用中越来越广泛。由于预测对象本身的复杂性,以及单一预测方法的局限性,使得多种预测方法的组合运用既具必要性,又具可行性。组合预测可以发挥各种预测方法的优点,避免其局限性,可以提供多种预测结果和预测精度,供预测者从中选择最优。

(3) 按照预测时期长短的不同,可分为长期预测、中期预测和短期预测。

具体期限的长短与预测问题的性质密切相关,比如彩票预测,长期预测是对50期以上的趋势进行预测,短期预测是指5—10期趋势的预测。就交通流而言,一般以15 min以内为短期,以小时和天为单位计算的预测为中期,以年为单位的为长期预测。随着科学技术的发展,现在交通流短时预测时间跨度可以到5 min甚至更短,以适应交通控制与交通诱导的实时性要求。

城市道路规划设计工作的根本目标是使城市道路能够满足城市经济长远持续发展要求。因此,在对路网进行规划、设计的过程中,需要对未来交通的需求量进行预测,以确定未来路网的规划设计方案。

在制定宏观交通管理措施时,往往需要对一段时间内以月、日、小时为单位的交通流量分布进行估计,这种估计和预测是中期预测。

为控制和诱导服务的交通流预测的时间跨度较小,一般不超过15 min。短时交通流预测时,交通流变化的规律相对不明显,各种干扰造成的影响也比较大,这就使得短时交通流预测与中、长期预测相比,具有更大的挑战性。短时交通流预测的准确性直接关系到控制与诱导的效果。

1.2.2 预测的程序

合理安排预测流程,从而为制定决策、编制计划和提高管理水平提供必要依据。一般预测的程序如下。

1. 明确预测任务,制定预测计划

预测首先要解决预测目标的问题。从决策与管理需求的角度出发,紧密联系实际需要和可能,确定预测要解决的问题。根据预测任务制定预测方案,包括预测的内容、预测所需的资料、准备选用的预测方法、预测的组织实施等。只有目的明确,计划科学,有重点地安排预测内容和方法,才能合理地确定预测所需资料和预期成果。

2. 搜集、审核和整理资料

翔实的调查统计资料和信息是预测的基础。进行预测需要大量的历史数据,需要多方收集,掌握与预测目的和内容有关的历史资料,以及相关影响的资料。

为保证资料的有效性,必须对资料进行必要的审核和整理。主要是判断资料是否可靠、准确和齐全,对不准确的资料要辨识和修正或者删除,对短缺的资料进行估计,对总体资料进行必要的分类组合。如果有条件,应建立资料数据库,系统地累积资料,以便连续地研究事物发展过程和动向。

只有根据预测目标,从多方面搜集必要的资料,经过审核、整理和分析,了解其发展的历史和现状,认识其发展变化的规律性,预测才能准确可靠。

3. 选择预测方法和建立数学模型

对已处理的资料,选择适当的预测方法,建立数学模型,这是预测准确与否的关键步骤。

对定性和定量预测方法的选择,应根据掌握资料的情况选择。当掌握资料不够完备、准确程度较低时,可采用定性预测方法。对于缺乏历史统计资料的预测,凭掌握的情况和预测者的经验进行判断,采用定性预测。当掌握资料比较齐全、准确度较高时,可采用定量方法,运用一定的数学模型进行定量分析。

预测的数学模型是反映对象过去和未来之间、原因和结果之间的相互关系和发展变化规律的数学方程式。数学模型可能是单一方程,也可能是联立方程;可能是线性模型,也可能是非线性模型甚至是非参数模型。预测模型选择是否适当,是关系到预测准确度的一个关键问题。

建立数学模型,还必须估计模型参数。估计参数的方法,除传统的最小二乘法之外,还有多种专门方法,选取不同方法估计的参数值也有差异,应从实际出发,认真选取。

4. 模型检验、预测

模型建立之后必须经过检验才能用于预测。模型检验主要包括考察参数估计值在理论上是否有意义,统计显著性如何,模型是否具有良好的超样本特性。当然,不同类型的模型检验的方法、标准也不相同。一般,评价模型优劣的基本原则有:

(1) 理论上合理。参数估计值的符号、大小与理论相一致,所建模型能恰当地描述预测对象;

(2) 统计可靠性高。模型及其参数估计值能通过必要的统计检验,以确定其有效性和可靠性;

(3) 预测能力强。预测效果是鉴别模型优劣的根本标准。为保证模型的预测能力,一般要求参数估计值有较高的稳定性,模型外推检验精度较高;

(4) 简单适用。一个模型只要能够正确地描述系统的变化规律,其数学形式越简单,计算过程越简便,模型就越好。对于经过检验的模型,按一定的要求对自变量赋值,可以计算出因变量对应的估计值。

5. 预测误差分析、评价

分析预测值偏离实际值的程度及其产生的原因。如果预测误差未超出允许范围,即认为模型的预测合乎要求,否则就要查找原因,对模型进行修正和调整。由于在预测当时,预测对象的未来值往往未知,此时误差分析只能是样本数据的历史模拟误差分析或者已知数据的事后预测误差分析。

1.3 交通状态短时预测概述

随着智能交通系统的发展,我国道路上交通流数据采集设备的设置不断完善,通过信息采集、处理与分析,使得提供实时动态信息给道路使用者已经成为可能。目前,我国很多城市道路建立了基于嵌入式传感器的交通流信息采集系统、基于摄像机的电视监视系统以及交通违章检测系统等,初步实现了对交通状况的实时检测和监

视。以北京市为例,市区道路交通流信息采集的手段主要有设置于 1600 余个路口信号控制系统的检测线圈,通过将采集的机动车交通流量、车速和占有率等交通信息在进入信号控制上端系统前,直接提取存入外挂数据库;在城市快速路和主干道上,设置了近 2000 个交通流断面检测器,可以实时获取机动车车速、流量、占有率等各种交通流数据;旅行时间检测断面 600 余处;在 1500 多个路口设置了车辆违章检测设备,提供车辆违章信息;在城市快速路、联络线和部分主干道上,安装了 240 余面交通情报板 VMS(variable message signs)。随着采集设备性价比越来越合理,采集质量和精度不断提高,采集手段和来源日益丰富,不同采集手段和信息之间的融合不断加强,使交通系统的信息采集、处理和利用能力上升到新的层次,为实现信息的深度挖掘、集成和应用,提高交通指挥、管理和服务的信息化水平奠定了基础。

城市道路交通状态是交通管理部门进行实时动态交通管理和为市民提供交通出行信息服务的前提和基础。合理而准确的道路交通状态预报服务,对进行良性的交通导航、积极引导居民的出行,从而提高城市道路的使用效率,缓解交通拥堵有着重要的意义。然而,城市道路交通系统是一个时刻都在变化着的复杂系统,其运行行为极难预测,智能交通控制与诱导系统要取得较好的实施效果,必须处理好交通流短时预测问题。

交通流预测是指基于动态获取的若干道路交通流状态数据的时间序列推测未来时段的交通流状态数据。它基于先进的交通状态检测手段,融合多元的交通信息,捕捉道路交通系统的状态特征,推演道路交通状态的运行规律,实现城市道路交通状态预报和预警,为交通管理和出行信息服务提供关键技术支撑。通常以交通量、速度和占有率等作为反映交通流状态的参数,定义为交通流基本参数。交通流预测实质上是对这些交通流基本参数的预测,有时时间序列数据的间隔和预测期均较长,例如 30 min、1 h、1 d 甚至更长,有时时间序列数据的间隔和预测期均较短,例如 5 min,一般在 15 min 以内。

短时交通流状态预测(short-term traffic state forecasting)的结果可以直接应用到先进的交通信息系统(advanced traffic information systems, ATIS)和先进的交通管理系统(advanced traffic management systems, ATMS)中,给出行者提供实时有效的信息,帮助他们更好地进行路径选择,实现路径诱导,达到节约出行者出行时间,缓解道路拥堵,减少污染、节省能源等目的。

图 1-1 为通过时间-距离表示的短时交通流状态预测的概念图。在实际道路交通网络中,交通流状态随着时间的推移而变化。针对这种变化,短时交通流状态预测是根据过去时段各区段的交通流状态(图中(1))预测未来时段各区段的实际交通流状态(图中(2)),即采用一定的模型和方法使得图中各区段的预测状态(图中(3))逼近各区段的实际交通流状态(图中(2))。