



智能科学技术著作丛书

交通信息智能预测 理论与方法

Intelligent Prediction Theory and Methods
of Traffic Information

许伦辉 傅惠 著



科学出版社
www.sciencep.com

>> 本书特点

- >>> 内容涵盖交通信息获取、可预测性分析、预测模型应用以及智能预测系统设计等内容,构成了较为完整的交通信息智能预测理论体系;
- >>> 对于书中论述到的各种交通信息智能预测模型和算法提供了具体的仿真案例,使本书所介绍的交通信息智能预测理论与方法既具有学术性,又具有实用性和可操作性;
- >>> 分析了预测科学涉及的关键理论问题,多数内容涉及交通信息智能预测的最新研究成果和进展,能为后续研究提供参考。

智能科学技术著作丛书

免疫优化计算、学习与识别 焦李成 等

高级人工智能(第二版) 史忠植

机器知行学原理:

信息、知识、智能的转换与统一理论 钟义信

“软件人”研究及应用 曾广平 等

工程免疫计算 肖人彬 等

人工神经网络及其融合应用技术 钟 骆 等

仿人机器人 肖南峰

复杂系统建模理论、方法与技术 刘兴堂 等

► 交通信息智能预测理论与方法 许伦辉 等

脉冲耦合神经网络与数字图像处理 马义德 等

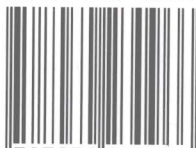
科学出版社

电 话: 010-64000249

E-mail: gcjs@mail.sciencep.com

销售分类建议: 交通运输; 交通信息工程及控制

ISBN 978-7-03-023096-6



9 787030 230966 >

定 价: 36.00 元

智能科学技术著作丛书

交通信息智能预测 理论与方法

许伦辉 傅 惠 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

交通信息智能预测,是指以历史的、现有的交通及相关因素的调查统计资料为依据,运用智能化的计算方法,对目标区域交通系统未来状况的测定。交通信息智能预测是预测学的一个分支,是现代交通规划学和智能交通系统(ITS)的重要组成部分。

本书在分析城市宏观交通流特点与短时交通系统动力学特性的基础上,阐述了可预测性分析和交通信息智能预测模型选择方法,建立了完整的道路交通信息智能化预测体系;重点论述了交通信息智能预测模型与方法,包括灰色预测方法、卡尔曼滤波方法、神经网络方法、支持向量机方法及组合预测方法等。同时,本书也介绍了基于多 Agent 理论的智能预测系统设计方法。

本书取材新颖,体现了近年来交通信息智能预测研究方面的新理论与新进展,深入浅出地介绍了交通信息智能预测理论体系,并通过大量实例阐述了交通信息智能预测方法的应用。

本书可作为交通工程专业、自动控制专业、系统工程等专业本科生、研究生以及相关学科领域研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

交通信息智能预测理论与方法 / 许伦辉,傅惠著. —北京:科学出版社, 2009

(智能科学技术著作丛书)

ISBN 978-7-03-023096-6

I. 交… II. ①许…②傅… III. 信息技术-应用-交通运输管理-智能控制:预测控制-研究 IV. U495

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 151974 号

责任编辑:张海娜 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:赵 博 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009 年 1 月第一次印刷 印张: 12 1/4

印数: 1—2 500 字数: 231 000

定价: 36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

《智能科学技术著作丛书》编委会

名誉主编：吴文俊

主 编：涂序彦

副 主 编：钟义信 史忠植 何华灿 蔡自兴 孙增圻 谭 民

秘 书 长：韩力群

编 委：(按姓氏汉语拼音排序)

蔡庆生(中国科学技术大学)

杜军平(北京邮电大学)

何华灿(西北工业大学)

黄河燕(中国科学院计算语言研究所)

焦李成(西安电子科技大学)

刘 宏(北京大学)

秦世引(北京航空航天大学)

阮秋琦(北京交通大学)

孙增圻(清华大学)

涂序彦(北京科技大学)

王家钦(清华大学)

吴文俊(中国科学院系统科学研究所)

尹怡欣(北京科技大学)

张琴珠(华东师范大学)

庄越挺(浙江大学)

蔡自兴(中南大学)

韩力群(北京工商大学)

何 清(中国科学院计算技术研究所)

黄心汉(华中科技大学)

李祖枢(重庆大学)

刘 清(南昌大学)

邱玉辉(西南师范大学)

史忠植(中国科学院计算技术研究所)

谭 民(中国科学院自动化研究所)

王国胤(重庆邮电学院)

王万森(首都师范大学)

杨义先(北京邮电大学)

于洪珍(中国矿业大学)

钟义信(北京邮电大学)

《智能科学技术著作丛书》序

“智能”是“信息”的精彩结晶,“智能科学技术”是“信息科学技术”的辉煌篇章,“智能化”是“信息化”发展的新动向、新阶段。

“智能科学技术”(intelligence science&technology,IST)是关于“广义智能”的理论方法和应用技术的综合性科学技术领域,其研究对象包括:

- “自然智能”(natural intelligence,NI),包括:“人的智能”(human intelligence,HI)及其他“生物智能”(biological intelligence,BI)。
- “人工智能”(artificial intelligence,AI),包括:“机器智能”(machine intelligence,MI)与“智能机器”(intelligent machine,IM)。
- “集成智能”(integrated intelligence,II),即:“人的智能”与“机器智能”人机互补的集成智能。
- “协同智能”(cooperative intelligence,CI),指:“个体智能”相互协调共生的群体协同智能。
- “分布智能”(distributed intelligence,DI),如:广域信息网,分散大系统的分布式智能。

1956年,“人工智能”学科诞生,50年来,在起伏、曲折的科学征途上不断前进、发展,从狭义人工智能走向广义人工智能,从个体人工智能到群体人工智能,从集中式人工智能到分布式人工智能,在理论方法研究和应用技术开发方面都取得了重大进展。如果说,当年“人工智能”学科的诞生是生物科学技术与信息科学技术、系统科学技术的一次成功的结合,那么,可以认为,现在“智能科学技术”领域的兴起是在信息化、网络化时代又一次新的多学科交融。

1981年,“中国人工智能学会”(Chinese Association for Artificial Intelligence,CAAI)正式成立,25年来,从艰苦创业到成长壮大,从学习跟踪到自主研发,团结我国广大学者,在“人工智能”的研究开发及应用方面取得了显著的进展,促进了“智能科学技术”的发展。在华夏文化与东方哲学影响下,我国智能科学技术的研究、开发及应用,在学术思想与科学方法上,具有综合性、整体性、协调性的特色,在理论方法研究与应用技术开发方面,取得了具有创新性、开拓性的成果。“智能化”已成为当前新技术、新产品的发展方向 and 显著标志。

为了适时总结、交流、宣传我国学者在“智能科学技术”领域的研究开发及应用成果,中国人工智能学会与科学出版社合作编辑出版《智能科学技术著作丛书》。需要强调的是,这套丛书将优先出版那些有助于将科学技术转化为生产力以及对社会和国民经济建设有重大作用和应用前景的著作。

我们相信,有广大智能科学技术工作者的积极参与和大力支持,以及编委们的共同努力,《智能科学技术著作丛书》将为繁荣我国智能科学技术事业、增强自主创

新能力、建设创新型国家做出应有的贡献。

祝《智能科学技术著作丛书》出版,特赋贺诗一首:

智能科技领域广

人机集成智能强

群体智能协同好

智能创新更辉煌

涂序彦

中国人工智能学会荣誉理事长

2005年12月18日

前 言

城市交通系统属于典型的非线性复杂大系统,常规的预测模型与方法对城市交通信息的预测在准确度方面已显不足。近年来,交通信息预测研究呈现出智能化、组合化的趋势。本书结合作者近些年来在此领域教学和科研方面积累的成果,并参考国内外最新科技文献,对目前较为零散的研究成果进行体系性梳理。

本书首次从交通信息获取、可预测性分析、预测建模及预测系统设计等方面,建立了较为完善的智能交通信息预测体系框架。作为集中体现交通信息预测智能化、组合化发展趋势的参考书,重点介绍了灰色系统理论、卡尔曼滤波理论、人工神经网络、支持向量机及组合预测理论在交通信息预测方面的新应用和新成果;同时,针对最近兴起的交通混沌这一新兴研究课题,较为系统地论述了交通混沌的概念、特征量计算、混沌识别及其预测方法。

交通信息预测是智能交通控制、交通诱导、交通信息服务等 ITS 子系统实施的重要基础,是 ITS 领域的重要理论基础之一。因此,进行交通信息预测理论体系研究,开发实用、智能化的道路交通信息预测系统,对于改善 ITS 各子系统的性能、提高我国城市交通管理水平以及解决日益恶化的城市交通问题,具有十分重要的学术价值和现实意义。

本书得到国家自然科学基金项目“基于分布式多智能体的城市交通协调控制理论及其应用研究”(No. 60664001)的资助,集中体现了本项目最新研究成果。

目 录

《智能科学技术著作丛书》序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 国内外智能交通系统研究概述	1
1.2 交通信息预测研究的必要性	3
1.3 交通信息预测理论与方法	5
1.3.1 现代预测发展概况	5
1.3.2 交通信息预测方法分类	5
1.3.3 交通信息预测的发展趋势	7
1.4 交通信息智能预测的研究内容及工作流程	7
1.4.1 交通信息智能预测的研究内容	7
1.4.2 交通信息智能预测流程	8
1.5 本书内容与结构安排	10
1.6 小结	11
参考文献	11
第 2 章 交通信息智能预测中的信息获取	12
2.1 概述	12
2.2 交通信息检测器	12
2.2.1 移动式交通信息获取	12
2.2.2 固定式交通信息获取	15
2.2.3 基础交通信息采集	17
2.3 无检测器道路交通信息获取	18
2.3.1 邻近交叉口关联分析方法	19
2.3.2 基于数据融合的交通信息获取技术	20
2.4 小结	22
参考文献	22
第 3 章 基于动力学特性的交通信息可预测性分析	23
3.1 概述	23
3.2 交通系统动力学特性分析方法	23

3.2.1 交通系统动力学特性研究历程	23
3.2.2 研究意义及分析流程	24
3.3 交通系统非线性特征量的计算	27
3.4 交通信息可预测性分析流程	29
3.4.1 可预测性分析流程	29
3.4.2 可预测性递归图构造方法	29
3.5 交通信息可预测性分析实例	30
3.5.1 现实交通系统基本特性分析	31
3.5.2 现实交通系统动力学特性分析	34
3.6 小结	38
参考文献	38
第4章 宏观交通信息预测模型与方法	40
4.1 概述	40
4.2 回归预测方法	41
4.2.1 一元线性回归	41
4.2.2 多元线性回归	44
4.2.3 非线性回归	47
4.2.4 逐步回归	49
4.3 确定性时间序列预测方法	50
4.3.1 时间序列平滑预测方法	51
4.3.2 趋势曲线模型预测方法	53
4.4 随机性时间序列预测方法	54
4.4.1 平稳时间序列	56
4.4.2 白噪声序列	56
4.4.3 ARMA 模型法及其预测步骤	57
4.4.4 其他随机时间序列预测模型	59
4.5 小结	60
参考文献	60
第5章 基于灰色系统理论的交通信息预测方法及应用	61
5.1 概述	61
5.2 灰色预测基本理论	61
5.2.1 灰色预测基本概念	61
5.2.2 灰色预测理论的特点	62
5.2.3 灰色预测模型分类	63

5.3 GM(1,1)预测模型及应用	66
5.3.1 模型的建立	66
5.3.2 模型检验分析	66
5.3.3 残差辨识	70
5.3.4 GM(1,1)预测模型应用	70
5.4 交通信息自适应灰色预测方法及应用	73
5.4.1 自适应灰色预测原理	73
5.4.2 交通流量自适应灰色预测	74
5.5 几类新型灰色预测模型	75
5.5.1 灰色马尔可夫预测模型	75
5.5.2 遗传优化灰色预测模型	76
5.5.3 模糊优化灰色预测模型	78
5.6 小结	79
参考文献	79
第6章 基于卡尔曼滤波理论的交通信息预测方法及应用	81
6.1 概述	81
6.2 卡尔曼滤波理论	81
6.3 基于卡尔曼滤波的交通流量预测模型	85
6.4 基于灰色关联分析的行程时间卡尔曼滤波方法	87
6.4.1 行程时间影响因素灰色关联分析	87
6.4.2 行程时间卡尔曼滤波预测算法	89
6.4.3 仿真实例	90
6.5 基于主成分分析的行程时间卡尔曼滤波方法	92
6.5.1 行程时间影响因素主成分分析	92
6.5.2 仿真实例	93
6.6 基于卡尔曼滤波与小波的交通信息预测方法	94
6.6.1 小波分析概述	94
6.6.2 卡尔曼滤波与小波结合的优势	94
6.6.3 基于卡尔曼滤波与小波的交通信息 KFW 预测算法	95
6.7 小结	95
参考文献	96
第7章 基于人工神经网络理论的交通信息预测方法及应用	97
7.1 概述	97
7.2 人工神经网络的基本原理	99

7.3	人工神经网络的结构形式与学习理论	101
7.3.1	神经网络结构	101
7.3.2	学习理论	102
7.4	基于 BP 网络的交通信息预测方法及应用	104
7.4.1	感知器	104
7.4.2	BP 网络及其学习算法	105
7.4.3	BP 算法的改进	106
7.4.4	BP 网络在交通信息预测中的应用	109
7.5	基于 RBF 网络的交通信息预测方法及应用	109
7.5.1	原始数据预处理	109
7.5.2	RBF 网络学习算法	110
7.5.3	仿真实验及分析	111
7.6	基于人工神经网络的预测方法研究新进展	113
7.6.1	遗传神经网络	113
7.6.2	小波神经网络	115
7.6.3	粗神经网络	115
7.7	小结	117
	参考文献	117
第 8 章	基于支持向量机理论的交通信息预测方法及应用	119
8.1	概述	119
8.2	支持向量机理论	119
8.3	基于支持向量机理论的交通信息预测算法	121
8.3.1	基于支持向量回归的交通信息预测算法	122
8.3.2	基于支持向量回归的交通信息预测仿真	124
8.4	基于粗糙集理论的 SVM 交通信息预测	126
8.4.1	RS 理论概述	126
8.4.2	基于 RS 理论的 SVM 交通信息预测原理	127
8.5	小结	129
	参考文献	129
第 9 章	混沌理论及其在交通信息预测中的应用研究	130
9.1	概述	130
9.2	混沌现象及有关概念	130
9.3	交通混沌研究对于交通信息预测的重要意义	135
9.3.1	混沌与交通混沌的发展沿革	135

9.3.2 交通混沌及交通分形的研究意义	136
9.3.3 交通混沌的研究现状	136
9.4 混沌特征量与交通混沌的识别方法	137
9.4.1 混沌特征量	137
9.4.2 基于 Lyapunov 指数的交通混沌识别	142
9.5 交通混沌时间序列的全域预测方法	145
9.6 交通混沌时间序列的局域预测方法	147
9.6.1 加权零阶局域法	147
9.6.2 加权一阶局域法	148
9.7 交通混沌时间序列的最大 Lyapunov 指数预测方法	150
9.7.1 最大 Lyapunov 指数预测算法设计	150
9.7.2 最大 Lyapunov 指数预测仿真实验	150
9.8 小结	155
参考文献	155
第 10 章 组合预测理论及其在交通信息预测中的应用研究	157
10.1 概述	157
10.1.1 组合预测的必要性	157
10.1.2 组合预测的优势	157
10.1.3 交通信息组合预测研究历程	158
10.2 交通信息线性组合预测理论	159
10.2.1 线性组合预测基本理论	159
10.2.2 递归等权线性组合预测方法	161
10.2.3 线性组合预测中的几个热点问题	161
10.3 非线性组合预测及其在交通信息预测中的应用研究	163
10.3.1 非线性组合预测原理及其算法设计	163
10.3.2 灰色与多项式非线性组合预测仿真实验	164
10.4 组合预测理论的重要新进展	166
10.5 小结	167
参考文献	167
第 11 章 基于多 Agent 的交通信息智能预测系统设计	169
11.1 概述	169
11.2 多 Agent 理论	169
11.2.1 Agent 的概念和特性	169
11.2.2 Agent 的认知模型	170

11.2.3 Agent 的体系结构	170
11.2.4 多 Agent 的基本思想	171
11.3 基于多 Agent 理论的智能预测系统结构	172
11.4 基于多 Agent 理论的交通信息智能预测	175
11.4.1 基于多 Agent 的交通信息智能预测流程	175
11.4.2 交通信息智能预测系统中的 Agent 类别	176
11.4.3 交通信息智能预测系统仿真	176
11.5 小结	179
参考文献	179

第 1 章 绪 论

1.1 国内外智能交通系统研究概述

智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)是在关键基础理论模型研究的前提下,把先进的信息技术、数据通信技术、电子控制技术及计算机处理技术等有效地综合运用于地面交通管理体系,从而建立起一种大范围、全方位发挥作用、实时、准确、高效的交通运输管理系统(研究对象可以概括为人、车、路)^[1]。

1. 世界 ITS 研究历程

交通运输业的发展水平是国家兴旺发达的重要标志之一。交通运输业的高速发展,一方面促进了物资交流和人们的往来,大大地缩短了出行时间,提高了工作效率;另一方面也带来了许多弊病,特别是地面汽车交通运输,不论是在发达国家还是在发展中国家,都存在着不同程度的问题。尤其近半个世纪以来,交通拥挤、道路阻塞和交通事故频发正越来越严重地困扰着世界各国的大城市。为了提高道路网络的使用效率,解决城市交通拥挤和交通安全问题,从 20 世纪 60 年代以来,发达国家进行了城市交通规划研究和交通控制研究。

交通规划^[2]是建立在交通需求分析的基础上,其目的是获得交通流量在城市道路网络中的分配状况,从而确定道路网络密度是否能满足现在和未来的交通需求,这一过程是解决交通设施的供给与需求的矛盾,使城市道路网络布局合理化。交通控制主要指城市交叉路口的交通信号控制^[3~6],目前具有代表性的信号控制系统包括美国的 TRANSYT 系统、英国的 SCOOT 系统,以及澳大利亚的 SCATS 系统等。当城市交叉路口采用了先进的交通信号控制系统后,减少了行车延误时间,提高了路口的通行能力,降低了车辆的停车次数,减少了燃料消耗和汽车排放的有害物质等。到目前为止,世界上已有 350 多个大城市采用了先进的交通信号控制系统,我国也有沈阳、北京、上海、南京、广州、深圳、大连、南宁、郑州、天津等大城市使用了此类系统。虽然城市交通规划和城市交通控制是城市交通运输网络建设和管理不可缺少的重要环节,但实践证明,仅仅依靠这两种措施不足以经济、高效地解决交通拥挤和交通安全问题。这是因为交通网络是一个复杂大系统,单独从车辆方面考虑或单独从道路方面考虑都是很难解

决交通拥挤和安全问题的。

20 世纪 80 年代以来,发达国家的交通运输研究进入了一个崭新的阶段,美国、日本、加拿大、英国、德国、法国、澳大利亚等国都投入大量的人力和物力从事智能交通系统的研究。例如,美国国会于 1991 年提出了一项“冰茶法案”(inter-modal surface transportation efficiency act,ISTEA),国会责成美国运输部负责全面开展 ITS 研究。

在世界范围内,有关 ITS 的研究与发展是不均衡的,日本和欧洲一些国家起步较早,初期的研究主要集中在交通安全、经济高效和减少污染等领域。美国的 ITS 研究起步较晚,1994 年以前称为智能车辆道路系统(intelligent vehicle-high-way systems,IVHS),后因研究内容的扩大,改名为“智能交通系统”,即 ITS。同时美国成立了一个社会组织来协调 ITS 领域的研究,该组织称为 Intelligent Transportation Society of America (ITS America)。目前随着 ITS 研究领域和内容的不断深入发展,逐渐形成了美国、欧洲和日本三大体系。

2. 中国 ITS 研究历程

我国从 20 世纪 80 年代初开始从治理城市交通管理入手,运用高科技来发展交通运输系统。90 年代初,一些高校和交通研究机构开始了城市交通诱导系统技术的研究和尝试。

在“九五”期间,交通部提出“加强智能公路运输系统的研究与发展”,结合我国国情,分阶段地开展交通控制系统、驾驶员信息系统、车辆调度与导航系统、车辆安全系统及收费管理系统等 5 个领域的研究开发、工程化和系统集成。

1995 年中国国家技术监督局 ISO/IC204 在中国的归口部门,为交通部门正式批准成立 ISO/TC204 中国委员会,该委员会把推进中国 ITS 标准化作为主要任务。

1998 年 1 月交通部正式批复成立交通部智能交通工程研究中心(ITSC)。

随后,科技部也立项进行智能交通系统研究,国家自然科学基金委员会已经把智能交通系统研究作为基金的资助重点,并取得理想的阶段性成果。

2001 年,我国制定了自己的国家 ITS 体系框架,2002 年全国有十个 ITS 重点示范城市开始了示范工程建设,十个重大技术专项的技术攻关工作也在科技部的组织下基本完成。

值得重视的是,ITS 体系框架的制定对于我国 ITS 的发展具有十分重要的意义。体系框架既不是一个简单的设计文档,也不是一个技术性的说明,更不是 ITS 本身的研究发展过程,而是一个贯穿于 ITS 结构和标准研究制定过程的指导性框架,它提供了一个检查系统构成和标准的遗漏、重叠以及是否不一致的依据。

美国、日本、欧洲以及澳大利亚、韩国、新加坡、芬兰等国家或地区,都相继开展了 ITS 体系框架的研究。这些 ITS 体系框架研究成果都为相应国家 ITS 结构的建立与发展起到了不同程度的指导作用,同时也为中国 ITS 体系框架的建立提供了有益的借鉴。中国 ITS 体系框架共分为 8 个服务领域,34 项服务,138 个子服务,详见参考文献[7]。

我国 ITS 的发展对社会经济全面发展起到了重要的推动作用,先进的交通控制系统、交通管理系统为交通管理部门提供了最有效的工具,交通诱导系统、交通信息服务系统以及交通电子收费系统,为公众出行提供了便利,ITS 的发展同时也增强了运输企业的生产效率,一些 ITS 产品的开发也带动了相关产业链的发展。

随着 ITS 研究和建设的不断深入,国内各大城市纷纷开展相应的 ITS 战略规划研究,以期城市的交通乃至经济发展注入新的活力。

1.2 交通信息预测研究的必要性

交通信息智能预测,是指以历史的、现有的交通及相关因素的调查统计资料为依据,运用智能化的计算方法,对目标区域交通系统未来状况的测定。交通信息预测是预测学的一个分支,是现代交通规划学和智能交通系统(ITS)的重要组成部分。

交通信息预测的重要性体现在:

(1) 它是掌握地方交通运输行业发展势态,制订交通运输行业相关发展战略和政策的依据。

“凡事预则立,不预则废”。交通运输行业的发展表征为一系列数据指标,如道路客运量、货运量,港口货物吞吐量等。为指导行业稳定健康发展应制订针对性的交通运输及其信息化发展规划,这就需要根据现有交通运输生产统计数据进行分析趋势预测,只有科学地测定出行业未来的发展规律,才能制订出科学的行业发展政策。

(2) 它是进行城市或区域交通规划的重要工作内容,主要体现在对社会经济、出行发生等方面的预测。

交通规划是进行交通设施建设时不可或缺的前期工作,是获得交通运输工作最佳效益的有效手段。交通规划是一门综合性的技术,涉及系统工程方法、经济分析方法和计算机技术等,然而交通信息预测无疑是交通规划过程中的重要步骤之一,是进行规划方案设计的基本前提。交通规划中的某些预测方法和原理虽有其特殊之处,但在人口预测、就业预测、经济指标预测和出行发生预测方面,仍然需要利用常规的交通信息预测方法。