



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

翁颖钧 石来德 著

数据挖掘建模及其 在电力决策支持中的应用研究

Research on Modeling Based on Data Mining
and Its Application on Electric Power Decision



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

翁颖钧 石来德 著

数据挖掘建模及其 在电力决策支持中的应用研究

Research on Modeling Based on Data Mining
and Its Application on Electric Power Decision



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要包含七部分内容,分别为引言、时序数据约简建模与应用、新型距离测度模型与电力价格突变预测、云特征挖掘模型与电价预测、容差粗集模型与客户信用度分析、电力企业决策支持应用平台实例及结论与展望。

本书适合相关专业高校师生、研究人员阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

数据挖掘建模及其在电力决策支持中的应用研究 /
翁颖钧,石来德著. —上海: 同济大学出版社,
2018. 11

(同济博士论丛 / 伍江总主编)

ISBN 978-7-5608-8155-3

I. ①数… II. ①翁… ②石… III. ①数据采集—系
统建模—应用—电力工业—工业企业—决策支持系统—研
究 IV. ①F407.61-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 214178 号

数据挖掘建模及其在电力决策支持中的应用研究

翁颖钧 石来德 著

出 品 人 华春荣 责任编辑 熊磊丽

责任校对 谢卫奋 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 12.25

字 数 245 000

版 次 2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-8155-3

定 价 58.00 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	关侗红
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 卢元姗 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

目 录

总序

论丛前言

第1章 引言	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 行业背景	1
1.1.2 学术背景	2
1.1.3 研究意义	4
1.1.4 选题背景	7
1.2 数据挖掘与软计算综述	9
1.2.1 数据挖掘简介	9
1.2.2 软计算简介	11
1.2.3 软计算在数据挖掘中的应用	14
1.2.4 结论	19
1.3 数据挖掘在电力行业中的研究现状	21
1.3.1 数据挖掘在电力行业中的应用	21
1.3.2 结论	25

1.4	本书结构与安排	26
1.4.1	本书内容	26
1.4.2	技术路线	28
1.4.3	研究方法	29
1.5	本书主要创新	30
第2章	时序数据约简建模与应用	32
2.1	相关工作	33
2.2	多边形逼近约简	34
2.2.1	数学模型	34
2.2.2	理论证明	37
2.3	分段平均约简模型	39
2.3.1	数学模型	39
2.3.2	理论证明	40
2.4	实时约简算法	41
2.5	随机投影降维	45
2.5.1	数学模型	45
2.5.2	理论证明	49
2.6	模型验证试验	50
2.6.1	发电厂运载参数实验	51
2.6.2	实时分段平均算法实验	58
2.7	本章小结	59
第3章	新型距离测度模型与电力价格突变预测	60
3.1	电力价格预测	61
3.1.1	相关工作简述	61

3.1.2 电力价格预测方法论	62
3.2 电力价格突变	64
3.3 新型距离测度研究	66
3.3.1 动态时间弯曲	67
3.3.2 动态编程技术	71
3.4 快速动态时间弯曲	73
3.4.1 边界定理	73
3.4.2 分段平均动态时间弯曲	74
3.4.3 验证试验	76
3.5 基于相似搜索的突变预测	81
3.5.1 相似性搜索	82
3.5.2 突变发生器验证试验	86
3.6 本章小结	87
 第4章 云特征挖掘模型与电价预测	 89
4.1 云模型基本概念	90
4.1.1 云模型	90
4.1.2 云的数字特征	91
4.1.3 云发生器	92
4.2 云模型特征发现算法	95
4.2.1 定义	95
4.2.2 特征获取	97
4.3 带有突变分析的电价预测模型	103
4.4 云模型特征发现模型在电价突变中的应用	105
4.5 本章小结	110

第5章 容差粗集模型与客户信用度分析	112
5.1 粗集的基本知识	113
5.1.1 信息表	113
5.1.2 不可分辨关系	114
5.1.3 集合的下近似及上近似	115
5.1.4 约简与核	119
5.1.5 决策系统	121
5.2 容差粗集	124
5.3 遗传算法与参数选择	126
5.3.1 染色体表示	127
5.3.2 初始种群和适应函数选择	127
5.3.3 遗传操作	128
5.3.4 验证实验	129
5.4 容差粗集模型在电力用户信用度分析中应用	132
5.4.1 电力客户信用分析	132
5.4.2 基于容差粗集方法的客户信用分析	133
5.5 本章小结	138
第6章 电力企业决策支持应用平台实例	140
6.1 决策系统建设目标和要求	140
6.1.1 知识的存贮和提取	141
6.1.2 分析任务管理	142
6.1.3 新知识的反馈和存贮	142
6.2 PEDSS 的基本架构	143
6.2.1 知识获取模块	143
6.2.2 反馈环	144

6.2.3	数据/知识预处理模块	144
6.2.4	知识仓库存贮模块	144
6.2.5	知识分析工作台	145
6.2.6	通信管理	146
6.3	PEDSS 平台的技术设计	147
6.3.1	Web Services 介绍	147
6.3.2	使用 Web 服务的优势	149
6.4	系统框架设计	152
6.4.1	用户接口	152
6.4.2	知识分析工作台	153
6.4.3	网络通信	155
6.5	系统实现	156
6.5.1	软件配置	156
6.5.2	实例举例	157
6.6	本章小结	161
第 7 章	结论与展望	162
7.1	本书的主要贡献	162
7.2	未来研究重点	165
参考文献		167
后记		179

第 1 章

引 言

1.1 研究背景

1.1.1 行业背景

电力工业是支撑国民经济和社会发展的**重要基础产业**。作为电力工业核心部门的电力系统是由发电、输电、变电、配电及用电等多个环节构成的超大型控制系统,具有连续性和统一性的特点,要求安全、可靠和高效地运行,充分满足各行业生产及人民群众生活的需要。

电力行业是一个资金技术密集型的行业,我国的电力管理体制长期以来采取的是国有垂直垄断模式。改革开放以来,我国逐步放宽了对电力行业的管制,主要体现在改变过去国家“独家办电”的格局,推行多家办电,谁投资谁受益的投资体制,并允许外资、地方等多方参与电厂建设,逐步形成了全国性买方市场的宏观环境。随着我国电力买方市场的出现,垂直垄断电力体制企业所固有的机构臃肿、效率低下、电价居高不下和服务质量差等问题日益突出,极大地制约了电力行业的发展。

1999 年 4 月,国家经济贸易委员会发出《关于进行厂网分开、竞价上网试点有关问题的通知》,电力行业体制改革进入一个新阶段。2002 年 2 月

10日,国务院以国发(2002)第5号文下发了《电力体制改革方案》,标志我国电力工业将打破计划经济体制下原有的发、输、配一体化管理和完全垄断的管理模式和经营方式,开始走向电力市场化的逐步完善和发展道路。国家提出的电力行业改革方案,总的目标是要在传统的电力工业垄断体制中引入竞争机制,以提高电力工业效益,降低发供电成本和电价,促进国民经济发展。

随着电力市场化步伐的逐步加快,各级电力企业均面临着新体制和新机制的挑战,在改革过程中,电力企业将逐步成为具有一定竞争能力的独立市场主体和独立法人主体。企业的工作重点已由原来的单一安全生产转变为以经济效益为中心的全方位综合发展。为此,需要企业建立规范的现代企业制度,切实提高管理水平,加强信息反馈,提高决策的科学性和准确性,增强企业的综合竞争力。国家为了逐渐打破电力企业的垄断地位,引入竞争机制,首先进行了“厂网分离”,为发电竞争模式提供了先决条件,此外,还配套进行了电网转运模式改革。这些措施将有效破除电力企业垄断壁垒,将企业推向市场,从市场竞争中获得企业的发展动力,进而促进企业不断提高服务质量,满足用户需求。企业为能在未来的市场竞争中胜出,必须更快地降低自己的生产经营成本,对本企业以及对手企业有更深入的了解,为客户提供更个性化的服务,这就要求电力企业能充分运用现代化的管理和调控手段,提升企业知识获取和转化能力,将知识转化为运营策略和决策的支持,进一步增强应对市场的能力。

1.1.2 学术背景

电力工业从“卖方市场”转变为“买方市场”给我国电力行业的发展带来了重大的影响,这种影响将是全局性、根本性、战略性的,其特点是:供需矛盾相对缓和;发电量、售电量低速增长;电网峰谷差加大,高峰需求旺盛,负荷率逐年下降,电网备用容量增大;发电设备年利用小时数逐年下降;欠