

蒋云良
赵克勤
刘以安
杨晓华
著

信息处理 集对分析



清华大学出版社

信息处理 集对分析

蒋云良 赵克勤 刘以安 杨晓华 著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是在作者已有工作的基础上,总结计算机领域在有关信息处理过程中应用集对分析和汇编2014年集对分析湖州会议交流论文写就的专著,共3篇15章。第1篇(第1章和第2章)为集对分析基本知识和集对分析进展篇,着重介绍集对分析的基本概念和赵森烽-克勤概率的由来,以及基于联系数的绿色智能计算;第2篇(第3章~第12章)为集对分析在计算机信息处理中的应用篇,着重介绍集对分析在计算机网络计算与信息安全、软件质量评价、集对分析在粗糙理论和专家系统中的应用,以及集对分析在雷达数据与图像分析中的应用等;第3篇(第13章~第15章)介绍集对分析在环境、卫生、育种、非传统安全、科技信息交流等不同信息处理中的应用,全书提供了大量的应用实例。

本书可作为高等院校计算机、软件工程、信息工程、自动控制以及数学与统计等专业、研究生和本科学的教材,对于环境、卫生、军事,以及其他科技领域中与各种信息处理有关的各类科技人员也有重要参考价值。

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:010-82782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

信息处理集对分析/蒋公良等著. —北京:清华大学出版社, 2015

ISBN 978-7-302-38135-6

I. ①信… II. ①蒋… III. ①信息处理—文集 IV. ①G202-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 227971 号

责任编辑:白立军

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:王静怡

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:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm

印 张:15

字 数:308千字

版 次:2015年1月第1版

印 次:2015年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00元

产品编号:060358-01

前 言

随着计算机日益普遍的应用和网络的不断延伸,信息的重要性越来越被人们所重视,以至于人们把当今时代称为信息时代。

信息具有不确定性,如何处置信息的不确定性,是包括计算机科学在内的现代信息科学一直在研究的重大课题。

由我国学者赵克勤于1989年提出的集对分析理论,站在哲学的角度思考事物确定性与不确定性的对立统一关系,对不确定性“客观承认、系统描述、定量刻画、具体分析”,把研究重点放在研究对象的确定性与不确定性相互作用上,用联系数及其建模去描述和处理各种信息,使集对分析在包括计算机在内的众多领域得到广泛应用,据在中国知网上的不完全统计,有关研究和应用集对分析的文献已有近2000篇,与此同时出版了8本专著和2本文集,充分说明了集对分析理论方法处理各种信息的有效性和实用性。

为纪念集对分析提出25周年,总结和交流集对分析在计算机和信息科学领域取得的阶段性成果,中国人工智能学会集对分析暨联系数专业委员会筹备会与湖州师范学院联合举办以“集对分析与信息处理”为主题的第13次全国集对分析学术研讨会(SPA2014湖州会议),为开好这次会议,我们在会前根据作者已有的工作,特别是计算机领域众多专家学者在《计算机学报》、《计算机科学》、《计算机工程与设计》以及《自动化学报》、《电子学报》、《智能系统学报》上的100多篇文献和提交给SPA2014湖州会议的部分优秀论文撰写了这本专著。内容包括集对分析基本知识和最新进展,集对分析在网络计算、信息安全、聚类预测、软件质量评价、粗糙集扩充、计算机辅助设计、数据流同异反分析、雷达信号处理,图像边缘检测、环境与作物育种的信息处理、科技信息交流、煤自燃危险性评价、卫生质量监测、中医辨证论治等方面的应用。

本书分3篇15章,第1篇由赵克勤撰写;第2篇的第3章~第10章由蒋云良、赵克勤撰写,第11章和第12章由刘以安撰写;第3篇中的第13章由杨晓华撰写,第14章由郭瑞林撰写,第15章的内容主要选自2014年集对分析湖州会议的部分优秀论文;蒋云良、赵克勤对全书进行了统稿,杨晓华策划了全书的结构,刘秀梅教授审校了全书。陈玥、魏东方、汪明武、朱其坤、蒋辉、孙齐蕊、孙爱峰、王全新、美英、章剑、陈晓娟、张殷、何君、

狄崇利、董振慧、马婉莹、乔灵霞、胡晓雪等人在本书写作过程中付出了辛苦的工作,在此一并表示感谢。

本书的撰写与出版得到国家自然科学基金项目(No. 61370173、No. 60573056、No. 51379013)、国家 973 课题(No. 2010CB951104)与国家创新团队基金(No. 51121003)项目的资助,由于时间短促,加上作者水平有限,本书的不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 篇 集对分析简介

第 1 章 集对分析的基本知识	3
1.1 集对	3
1.1.1 成对原理	3
1.1.2 不确定性原理	3
1.1.3 集对的定义	4
1.1.4 集对的特征函数	5
1.2 联系数	6
1.2.1 二元联系数	6
1.2.2 三元联系数	7
1.2.3 四元联系数	8
1.2.4 五元联系数	9
1.2.5 多元联系数	9
1.2.6 联系数的性质	10
1.3 联系数的基本运算	11
1.3.1 联系数的加法	11
1.3.2 联系数的乘法	12
1.3.3 联系数的减法	14
1.3.4 联系数的除法	14
1.3.5 联系数的复运算	15
1.4 集对分析理论	17
1.4.1 不确定性系统理论	17
1.4.2 同异反系统理论	18
1.5 本章小结	20
参考文献	20

第 2 章 集对分析的若干进展	21
2.1 联系数的伴随函数	21
2.1.1 态势函数(态势信息)	21
2.1.2 广义势函数(势信息)	23
2.1.3 势函数定理	23
2.1.4 偏联系数(潜在趋势信息)	23
2.1.5 反偏联系数	25
2.1.6 邻联系数	25
2.1.7 反邻联系数	26
2.1.8 相互作用联系数	26
2.1.9 反相互作用联系数	27
2.1.10 联系熵	27
2.1.11 反熵函数	28
2.2 赵森烽-克勤概率简介	28
2.2.1 赵森烽-克勤随机实验	28
2.2.2 随机事件定义	29
2.2.3 定理	29
2.2.4 主事件和伴随事件	30
2.2.5 赵森烽-克勤概率	30
2.2.6 应用举例	31
2.3 基于联系数的绿色智能计算	33
2.3.1 数的认识	33
2.3.2 自然数的联系数化	33
2.3.3 绿色智能计算	35
2.4 本章小结	36
参考文献	36

第 2 篇 集对分析在计算机科学中的应用

第 3 章 文献概述	39
3.1 集对分析在计算机领域中的部分文献	39
3.2 集对分析在人工智能中的部分文献	45
3.3 文献中的集对分析思想和方法	47
3.4 本章小结	49

参考文献	49
第 4 章 集对分析在网络计算中的应用	50
4.1 基于联系数的网格静态调度算法	50
4.1.1 问题提出	50
4.1.2 联系数的全序关系	51
4.1.3 网格任务静态调度算法	51
4.1.4 算例与仿真分析	54
4.2 基于 SPA 的 Web 服务选取	57
4.2.1 Web 服务简介	58
4.2.2 基本思路	58
4.2.3 Web 服务选取方法	59
4.2.4 实例分析	61
4.3 基于集对社会网络 α 关系社区研究	65
4.3.1 社会网络	65
4.3.2 集对社会网络与 α 关系社区	66
4.4 本章小结	69
参考文献	69
第 5 章 网络信息安全的集对分析	71
5.1 基于集对分析的 P2P 网络安全中的信誉度计算	71
5.1.1 基于节点信誉度的传统 P2P 网络安全机制	71
5.1.2 信誉度聚合与排序的集对分析算法	72
5.1.3 集对分析算法与传统算法的比较	75
5.2 基于信誉度集对分析的 WSN 安全数据融合	76
5.2.1 相关工作	76
5.2.2 基于集对分析的安全数据融合	77
5.2.3 仿真结果及分析	80
5.3 基于集对分析的网络入侵检测模型	82
5.3.1 模型	82
5.3.2 实验仿真结果	84
5.4 基于集对分析的网络安全态势评估	86
5.4.1 网络安全态势评估模型	86
5.4.2 实验与结果	88

5.5	网络抗拒绝服务攻击性能的集对评估	92
5.5.1	网络抗拒绝服务攻击性能评估	92
5.5.2	网络抗拒绝服务攻击性能指标	93
5.5.3	基于集对分析的评估	94
5.5.4	实验验证	94
5.6	本章小结	96
	参考文献	96
第 6 章	粗糙集的集对分析	97
6.1	粗糙集简介	97
6.1.1	基本概念	97
6.1.2	知识约简	98
6.2	基于集对势的粗糙集扩充模型	98
6.2.1	集对势允差关系	98
6.2.2	基于集对势容差关系的粗糙集模型	99
6.2.3	实验与分析	100
6.3	基于 (α, λ) 联系度容差关系的变精度粗糙集模型	102
6.3.1	模型	103
6.3.2	不完备信息系统的属性约简	105
6.3.3	仿真结果	105
6.4	粗糙集与集对分析的同异反	107
6.5	本章小结	108
	参考文献	108
第 7 章	集对分析在聚类中的应用	109
7.1	基于集对分析的半监督 ISODATA 聚类	109
7.1.1	半监督聚类算法	109
7.1.2	数据预处理	110
7.1.3	聚类算法	110
7.1.4	实验结果	111
7.2	基于多元联系数的动态聚类统计	112
7.3	集对分析聚类算法及其应用	113
7.3.1	集对分析的聚类预测算法	113
7.3.2	预测实例	114

7.4 本章小结	115
参考文献	116
第 8 章 软件质量评价与软件重构的集对分析	117
8.1 基于集对分析的软件质量评价	117
8.1.1 软件的质量特性	117
8.1.2 质量特性权重 w_n	117
8.1.3 确定质量特性联系度	118
8.1.4 评价实例	121
8.2 基于集对分析的软件重构方案优选	121
8.2.1 软件重构	121
8.2.2 软件重构的集对分析模型	121
8.2.3 实验与分析	123
8.3 本章小结	124
参考文献	125
第 9 章 多数据流集对分析	126
9.1 基本概念	126
9.1.1 数据流	126
9.1.2 峰值	126
9.1.3 窗口	126
9.1.4 集对分析	128
9.2 同异反定义	128
9.2.1 同异反概念	128
9.2.2 同异反矩阵	129
9.2.3 势矩阵	130
9.3 同异反算法	130
9.3.1 峰值点获取	130
9.3.2 势计算	130
9.4 实验分析	131
9.5 本章小结	134
参考文献	135

第 10 章	集对分析在计算机辅助设计中的应用	137
10.1	基于案例推理的同异反产品设计	137
10.1.1	CBR 简介	137
10.1.2	集对分析对 CBR 的支撑	138
10.1.3	基于 CBR 的同异反产品设计	138
10.1.4	面向市场的同异反产品设计	141
10.2	基于集对分析与演化细胞学习自动机的质量-成本控制	142
10.2.1	演化细胞学习自动机简介	142
10.2.2	产品质量-成本控制问题描述	142
10.2.3	不确定条件下的产品方案优劣排序	145
10.2.4	实例	145
10.3	本章小结	148
	参考文献	148
第 11 章	集对分析在雷达信息处理中的应用	149
11.1	集对分析在雷达信号分选中的应用	149
11.1.1	集对分析联系度及区间估计	149
11.1.2	雷达信号分选	150
11.1.3	仿真分析	152
11.1.4	改进的集对分析聚类的信号分选算法	154
11.1.5	改进的 SPA 仿真分析	155
11.2	集对分析在雷达信息处理中的应用	158
11.2.1	集对分析在多目标数据关联中的应用	158
11.2.2	集对分析在多雷达数据融合中的应用	161
11.3	本章小结	163
	参考文献	164
第 12 章	集对分析在图像边缘检测中的应用	165
12.1	基于集对同一度的图像边缘检测算法	165
12.1.1	图像边缘检测	165
12.1.2	基于集对同一度的边缘检测思路	166
12.1.3	倒数型对立与数对的联系度	166
12.1.4	基于同一度的算法	167
12.1.5	仿真结果	168

12.2	基于联系度态势的图像边缘检测算法	169
12.2.1	基本思路	169
12.2.2	具体步骤	170
12.2.3	仿真结果	172
12.3	本章小结	172
	参考文献	173

第3篇 其他科技信息处理的集对分析

第13章	环境信息集对分析	177
13.1	环境信息集对分析基本概念	177
13.1.1	基本概念	177
13.1.2	环境信息集对分析模型	178
13.2	集对分析处理环境信息的研究现状	181
13.2.1	集对分析用于水环境信息处理	181
13.2.2	集对分析用于大气环境信息处理	183
13.2.3	集对分析用于生态环境信息处理	184
13.3	环境信息集对分析案例之1——河流健康系统评价	185
13.3.1	河流健康系统评价的集对分析模型	185
13.3.2	河流健康系统评价软件开发	189
13.4	环境信息集对分析案例之2——城市景观植物优选	190
13.4.1	城市景观植物	190
13.4.2	SPAIAHP 评价模型	190
13.4.3	实验数据与评价指标	190
13.4.4	评价结果	192
13.5	本章小结	193
	参考文献	194
第14章	作物育种信息的集对分析——同异育种智能决策系统介绍	196
14.1	作物同异育种智能决策系统	196
14.1.1	开发环境	196
14.1.2	开发流程	197
14.1.3	主要模块与功能	197
14.1.4	技术难点与创新	198

14.2	作物同异育种智能决策系统的研究现状·····	199
14.2.1	若干成果·····	199
14.2.2	系统研制及推广·····	204
14.2.3	培育出小麦新品系·····	206
14.3	问题与展望·····	206
14.3.1	问题与对策·····	206
14.3.2	展望·····	207
14.4	本章小结·····	207
	参考文献·····	207
第 15 章	不同科技信息处理的集对分析 ·····	208
15.1	科技信息交流非对称二元性集对分析·····	208
15.1.1	术语词汇的非对称二元性及其同异反特质·····	208
15.1.2	概念与名称的同异反特质·····	209
15.1.3	专业术语的同异反转化·····	211
15.1.4	违反对称二元性及单参照性的同义并存·····	212
15.1.5	结语·····	214
15.2	煤自燃倾向信息的变权集对分析模型·····	214
15.2.1	煤自燃倾向性·····	214
15.2.2	基于集对同异反的变权计算模型·····	215
15.2.3	基于变权的煤自燃倾向性信息集对分析模型·····	216
15.2.4	实例·····	216
15.3	公共场所卫生监督质量信息的集对分析聚类·····	217
15.3.1	资料来源·····	218
15.3.2	处理方法·····	218
15.3.3	结果与讨论·····	218
15.4	中医“辨证施治”信息的集对分析探讨·····	221
15.4.1	中医辨证施治集对分析案例·····	222
15.4.2	讨论·····	226
15.5	本章小结·····	227
	参考文献·····	228

第 1 篇

集对分析简介

第 1 章 集对分析的基本知识

本章介绍集对分析的基本概念和基本知识,主要内容有集对、联系数及其基本运算、集对分析的不确定性系统理论和同异反系统理论。

1.1 集 对

1.1.1 成对原理

成对原理是指事物或概念都成对存在。

物质与能量、物质与信息、数字与算法、计算与机器、计算与网络、电脑与人脑、输入与输出、教师与学生、计划与市场、投入与产出、确定与不确定、状态与趋势,上下、左右、东西、南北、胜负、虚实、加减、乘除、软硬、刚柔、美丑、好坏、盈亏,以及人的 2 只眼睛、2 只耳朵、2 只手、2 条腿,等等,都是成对存在的例子。

从哲学角度看,成对原理无非是事物普遍联系和对立统一的换一种说法而已。

1.1.2 不确定性原理

不确定性原理通常指由德国物理学家海森堡于 1927 年提出的“测不准原理”:一个微观粒子的某些物理量(如位置和动量,或方位角与动量矩,或时间和能量等),不可能同时具有确定的数值,其中一个量越确定,另一个量的不确定程度就越大。测量一对共轭量的误差的乘积必然大于常数 $h/2\pi$ (h 是普朗克常数)。“测不准原理”反映了物质世界中微观粒子运动的基本规律,是现代物理学的一个基本原理,“测不准原理”对系统分析的启示在于:当分析进入到系统的微观层次时会遇到部分系统参数不能确定的问题。

但研究发现,有的系统即使在宏观层面上也会有确定性参数与不确定性参数同时存在的现象,例如,边长为 1 的正方形,其对角线长为 $\sqrt{2}$,这个系统中的 1 是完全确定的,但 $\sqrt{2}=1.414213586\cdots$ 恰是一个无限不循环小数,一个小数位不能确定的数。习惯上称 $\sqrt{2}$ 为无理数。文献[4]和[9]中也称 $\sqrt{2}$ 为不确定数。系统的确定性参数与不确定性参数在宏观层面上同时存在的现象称为系统不确定原理。

测不准原理与系统不确定原理统称为不确定原理。这一不确定原理也可以看作是前述成对原理的一个派生原理:系统的确定性与不确定性成对存在。

1.1.3 集对的定义

若用集合表示成对的事物(或概念)中的任一方,则成对的事物(或概念)就是一个由 2 个集合组成的对子。为此有以下定义。

定义 1.1 具有一定联系的 2 个集合组成的系统称为集对。

若用 A 、 B 表示集合, H 表示集对, 则

$$H = (ARB) \quad (1-1)$$

也可去掉括号, 把集对写成

$$H = ARB \quad (1-2)$$

必要时, 也把 A 称为组成集对 H 的第 1 集合, B 为第 2 集合; 在某些情况下, 第 1 集合也称为主集合, 第 2 集合称为次集合(有时也是第 1 集合的伴随集合), R 表示“关系”。有时为方便记, 把 R 省略不写, 记为

$$H = (A, B) \quad (1-3)$$

容易看出: 集对现象在科学技术和日常工作生活中普遍存在, 如 1.1.1 节中提到的各种成对存在的例子; 集对现象在数学和计算机领域中也比比皆是, 如数轴上的正数与负数是一个集对; 平面直角坐标系 XOY 中的水平轴 X 和纵轴 Y 是一个集对 $H = (X, Y)$, 平面直角坐标系 XOY 中任一点的坐标 $Q(x, y)$ 也是一个集对, 而且是集对 $H = (X, Y)$ 的一个子集对, 如此等等。

集对现象的普遍存在, 说明在数学和系统信息的研究中, 引进集对这个概念是必要的。

根据文献[1~3], 引进集对这个概念, 最早源自赵克勤对集合论罗素悖论(Bertrand Russell paradox)的思考^[1,4]。

罗素(Bertrand Russell, 1872—1970)是英国数学家、哲学家, 于 1903 年构造了一个集合 X , X 中的元素 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 都不属于自己, 然后罗素问: 集合 X 是否属于 X ? 如果回答 X 不属于 X 自己, 那么, X 正好属于 X 自己; 如果回答 X 属于自己, 那么 X 正好不属于 X 自己, 无论如何都自相矛盾。

为了说明上面这个悖论, 罗素举了个例子: 村上有一个理发师贴出公告, 宣称他为所有不为自己理发的人理发。现在问: 理发师自己的头发该由谁来理? 如果他不给自己理发, 那么按照理发师发布的公告, 他应该为自己理发; 如果他为自己理发, 同样根据理发师公告, 理发师不能为自己理发; 无论如何, 都不能确定该理发师自己的头发由谁来理。

罗素悖论震撼了当时的数学界, 著名法国数学家庞加莱(Jules Henri Poincaré, 1854—1912)坦言: “我们围住了一群羊, 而羊群中已混进了狼”。这一悖论之所以引起世界数学界的震动, 是因为罗素悖论指出了即使构造一个普通的集合, 例如把“所有不为自己理发的人组成一个集合 A ”这样一件普通和简单的事, 也遇到令人棘手的不确定问题。