

粗糙集与概念格

Rough Set and Concept Lattice

张文修 姚一豫 梁 怡 主编



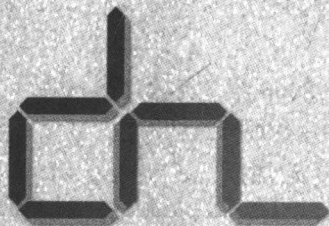
西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

粗糙集 概念格

与

Rough Set and Concept Lattice

张文修 姚一豫 梁 怡 主编



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

粗糙集理论与概念格理论是 20 世纪 80 年代初期产生的两个数学分支,在知识发现与数据挖掘中有着重要应用.本书介绍了粗糙集与概念格的若干理论分支及某些应用领域.

本书共分五篇,即粗糙集与概念格的应用前景,粗糙集的不确定性理论与度量,粗糙集的公理化与格结构,粗糙集的约简理论与方法,概念格的约简理论与规则提取.全书共 18 章,第 1 章作为本书的总论.

本书可以作为人工智能研究人员的参考书.

图书在版编目(CIP)数据

粗糙集与概念格/张文修,姚一豫,梁怡主编. —西安:
西安交通大学出版社,2006.7
ISBN 7-5605-2059-6

I. 粗... II. ①张... ②姚... ③梁...
III. 数值计算 IV. O241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006) 第 075512 号

书 名	粗糙集与概念格
主 编	张文修 姚一豫 梁怡
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)
电 话	(029)82668315 82669096(总编办) (029)82668357 82667874(发行部)
印 刷	陕西宝石兰印务有限责任公司
字 数	464 千字
开 本	787mm×1 092mm 1/16
印 张	28.75
版 次	2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5605-2059-6/O·248
定 价	58.00 元(平) 80.00 元(精)

版权所有 侵权必究

前 言

当今的世界,任何国家都把拥有知识当作最大的财富.世界级管理大师德鲁克在 20 世纪 90 年代就指出,“知识社会是一个以知识为核心的社会”,“世界上没有贫穷的国家,只有无知的国家”.“知识的生产率将日益成为一个国家、一个行业、一家公司竞争的决定因素”.知识是人类认识客观世界的结晶,同时也是人们用来改造世界的强大武器.

但是如何产生知识却是一个从古到今为人们探索的课题,这就是认知理论.人们在大量实践与实验的基础上获取信息,通过大脑对信息的不断加工,才能获取知识.而且对于知识的不断检验修正才能推进知识的进步.无疑,信息是获取知识的基础.由于计算机科学与技术的发展,特别是计算机网络的发展,每日每时为人们提供了大量的信息,这些信息可帮助人们提炼更多更好的知识,但另一方面,也使得大量知识掩盖在海量信息之中,在这种尖锐的矛盾中,扩充人类思维的知识发现就成为一个崭新的研究热点.特别是最近 20 年间,知识发现(规则提取、数据挖掘、机器学习)受到人工智能学界的广泛重视,知识发现的各种不同的方法应运而生.

粗糙集理论(rough set theory)与概念格理论(concept lattice theory)是 20 世纪 80 年代初期产生的两个新的数学分支.由于其思想新颖、方法独特,已成为知识发现的两个重要数学工具.但是作为最初的原型来源于比较简单的信息模型,为了适应信息的多样性与复杂性,在这两个数学分支里隐含着大量的研究课题.

粗糙集的概念是由波兰数学家 Pawlak Z. 于 1982 年提出来的,它的基本思想是通过关系数据库分类归纳形成概念和规则.在粗糙集研究中有两个重要概念,一是近似算子,一是约简与核心.通过下、上近似算子产生确定性规则与不确定性规则,通过约简与核心简化规则使之具有较好的泛化能力.成功的研究成果主要体现在具有有限属性值的关系数据库上,通过等价关系的分类以及分类对于目标的近似实现知识发现过程.与粗糙集理论同时产生的是概念格理论,它是德国数学家 Wille R. 提出来的.概念格处理的是更特殊的一类关系数据库,是属性只有是与否两种状态的情况.

因此概念格理论有着更好的性质。概念格理论通过对象集与属性集之间的某种对应,生动简洁地体现了概念之间的泛化与特化关系。概念格将对象与属性作为一体,更好地反映了人的思维特征。

粗糙集与概念格作为知识发现的重要方法,必须能对复杂的信息系统进行加工。比如连续值信息系统、模糊值信息系统、集值信息系统等。同时也能对于不同的关系进行加工,比如反映优劣的偏序关系等。对于缺失数据的信息系统也应该能够给出相应的方法。同样概念格也有类似的问题。与粗糙集研究对照起来,概念格的研究不仅要扩展信息系统,而且也有个知识发现与属性约简问题。作为同时产生的两个数学分支,虽然粗糙集与概念格的研究方法是不同的。但是它们又有着相同的研究背景与研究目标,这就预示着它们之间的共性。相互借鉴两个数学分支的研究方法方面的优势,构建两个数学分支之间的联系,就形成了我们研究的特点。

我有幸于 20 世纪 90 年代初期认识了香港中文大学的梁怡 (Yee Leung) 教授和加拿大 Regina 大学的姚一豫 (Y.Y.Yao) 教授。在香港中文大学与梁怡教授合作研究期间,梁怡教授就提出开展粗糙集的研究。同时期姚一豫教授到西安交通大学讲学,介绍粗糙集理论与方法,也希望在西安交通大学开展粗糙集的研究。但由于当时我正致力于不确定性推理与遗传算法研究,未能及时起步,当时国内王国胤等几位教授已经做了很好的工作。但对于粗糙集的意义与方法我还是非常有兴趣,因为我在研究不确定推理中已涉及到粗糙集与概念格的许多思想与方法。因此当手头课题告一段落后,90 年代末期我就迅速转移到粗糙集与概念格的研究上。令我高兴的是不仅我自己的博士生,而且也有其它导师的一些博士生也对粗糙集与概念格发生了兴趣,再加上时任理学院院长徐宗本教授的支持,于是就形成了一支粗糙集与概念格的研究团队,一届学生毕业了,新一届的学生又加入到团队中来,使得这个团队不断发展壮大。特别要指出的是我与姚一豫教授及梁怡教授的密切合作,正是这样一个充满深厚友谊的合作以及对科学研究的执著与真诚,追求卓越的精神,才在西安交通大学培养了一批应当说还是比较优秀的人才。姚一豫教授几乎每年都要到西安交通大学来讲学,参加研究生讨论班,亲自指导和修改研究生的论文,指导研究方法。梁怡教授几乎每年都要接纳西安交通大学博士生在香港中文大学进修,并且与他们共同讨论,共同修改论文。应当说,我所指导的博士生,很多都是与姚一豫教授及梁怡教授共同指导的。因此,这本书里反映出的研究成果,都凝聚着姚一豫教授与梁怡教授的心血。我深感,不同环境下的学者的交流与合作,才能结出丰

硕之果.

本书分为五篇,即粗糙集与概念格的应用前景、粗糙集的不确定性理论与度量、粗糙集的公理化刻画与格结构、粗糙集的约简理论与方法、概念格的约简理论与规则提取,反映了粗糙集与概念格在某些方面的研究进展.全书共 18 章,每章独立成篇,为了叙述清楚,引用了前人的一些研究成果,同时包含了作者的部分研究成果.可以看到,不管哪些方面的成果,本书都不是研究的终结,而是研究的某个阶段,它继承了前人研究成果,也为有兴趣的读者进一步研究提供了可能性.

最后我要特别感谢吴伟志教授、仇国芳博士,以及博士生马建敏、李同军在整理本书过程中付出的辛勤劳动,感谢国家重点基础研究发展计划项目(2002CB312206)的资助,感谢西安交通大学研究生院与西安交通大学出版社的大力支持.

张文修

西安交通大学信息与系统科学研究所

2006 年 5 月

目 录

前 言

第 1 章	On Unifying Formal Concept Analysis and Rough Set Analysis	Y.Y. Yao
1.1	Introduction	1
1.2	Definability of Concepts in a Binary Table	3
1.3	Formal Concept Analysis	8
1.4	Rough Set Analysis	12
1.5	Conclusion	15

第一篇 粗糙集与概念格的应用前景

第 2 章	基于粗糙集理论的海量数据挖掘	王国胤 冯林
2.1	引言	23
2.2	粗糙集理论相关基础知识	26
2.3	基于粗糙集理论的海量数据挖掘研究方法	28
2.4	海量数据挖掘的分布式实现方法	30
2.5	海量数据挖掘的增量式实现方法	39
2.6	降低海量数据挖掘的处理复杂度方法	50
2.7	结论	60
第 3 章	知识管理中的概念信息粒	仇国芳 荆彦玲
3.1	引言	64
3.2	知识管理中的任务知识匹配问题	65
3.3	形式背景与知识管理系统	67
3.4	概念知识粒格	69
3.5	概念信息粒拟格	70

3.6	概念信息粒与概念知识粒迭代算法	73
3.7	结论	76
第 4 章	变精度概念格与近似推理	范世青 马建敏
4.1	引言	79
4.2	伽罗瓦连接与概念格	81
4.3	四类模糊概念格性质及相互关系	82
4.4	基于模糊概念格的模糊推理	89
4.5	变精度概念格	97
4.6	结论	107
第二篇 粗糙集的不确定性理论与度量		
第 5 章	粗糙集理论中的不确定性与知识粒度	梁吉业 钱宇华
5.1	引言	113
5.2	粗糙集理论中的不确定性度量	115
5.3	粗糙集理论中的知识粒度	127
5.4	结论	132
第 6 章	粗糙集的不确定性度量	米据生
6.1	引言	136
6.2	模糊集的熵	137
6.3	粗糙模糊集的不确定性度量	139
6.4	模糊粗糙集的不确定性度量	144
6.5	基于模糊划分的粗糙集的不确定性度量	147
6.6	结论	157
第 7 章	粗糙集与粒度计算	马建敏 张文修 姚一豫
7.1	引言	160
7.2	粒计算的划分模型	162
7.3	粒计算的覆盖模型	165
7.4	自反关系下的粒计算与对偶 Galois 连接	172
7.5	结论	178

第三篇 粗糙集的公理化刻画与格结构

第 8 章	粗糙近似算子公理化刻画	吴伟志 梁怡
8.1	引言	183
8.2	经典广义粗糙近似算子的公理化刻画	185
8.3	对偶粗糙模糊近似算子的公理化刻画	190
8.4	对偶模糊粗糙近似算子的公理化刻画	194
8.5	基于三角模的对偶模糊粗糙近似算子的公理化刻画	198
8.6	基于蕴含算子的模糊粗糙近似算子的公理化刻画	202
8.7	结论	208
第 9 章	半格上粗糙近似理论	李鸿儒 王宁
9.1	引言	212
9.2	半格上的同余近似空间	214
9.3	同余近似空间的拓扑结构	217
9.4	同余近似算子及其性质	220
9.5	信息系统的同余分类及粗糙近似	222
9.6	结论	226
第 10 章	布尔代数上粗糙近似算子	李同军
10.1	引言	231
10.2	格及有关概念	232
10.3	布尔代数上基于覆盖的粗糙近似算子	235
10.4	两类近似算子的比较	239
10.5	基于一型粗糙近似算子的覆盖约简	244
10.6	基于二型近似算子的覆盖约简	246
10.7	结论	249
第 11 章	广义模糊粗糙集理论	陈德刚 杨苏 曾祥财 王熙照
11.1	引言	253
11.2	预备知识	255
11.3	关于任意模糊关系的近似算子	261
11.4	近似算子和特殊模糊关系的联系	265
11.5	模糊粗糙集的公理化方法	269
11.6	模糊粗糙集的格结构	279

11.7	近似算子和模糊拓扑的关系	282
11.8	结论	284

第四篇 粗糙集的约简理论与方法

第 12 章	形式决策表的属性约简	袁修久
12.1	引言	291
12.2	基本概念	292
12.3	信息系统的形式约简	293
12.4	形式决策表	294
12.5	不协调和协调形式决策表属性约简等价性	302
12.6	结论	305
第 13 章	集值信息系统的知识约简与规则提取	宋笑雪
13.1	引言	308
13.2	集值信息系统	309
13.3	集值决策信息系统	313
13.4	协调集值决策信息系统	318
13.5	不协调集值决策信息系统	320
13.6	结论	321
第 14 章	基于优势关系下信息系统的知识约简	徐伟华
14.1	引言	325
14.2	与本文有关的基本概念	326
14.3	信息系统的分布约简	329
14.4	信息系统的分配约简	334
14.5	分配约简的矩阵算法	338
14.6	覆盖广义粗糙集的模糊性度量	344
14.7	结论	350

第五篇 概念格的约简理论与规则提取

第 15 章	概念格属性约简理论与方法	魏玲
15.1	引言	357
15.2	概念格理论知识	360

15.3	概念格约简判断定理	364
15.4	概念格约简方法	368
15.5	概念格属性特征	371
15.6	结论	377
第 16 章	广义协调决策形式背景的知识约简	王虹
16.1	引言	381
16.2	形式背景及其概念格	382
16.3	广义协调决策形式背景知识约简的定义	383
16.4	广义协调决策形式背景知识约简的方法	385
16.5	结论	390
第 17 章	偏序关系下的决策形式背景规则获取与属性约简	邵明文 杨宏志
17.1	引言	393
17.2	决策形式背景和决策规则	394
17.3	协调决策形式背景的属性约简	399
17.4	不协调决策形式背景规则获取与属性约简	408
17.5	结论	410
第 18 章	概念格与信息概念格	许伟 王霞
18.1	引言	412
18.2	概念格的属性约简方法与属性特征	414
18.3	概念格的对象约简方法与对象特征	419
18.4	对象概念格的属性约简方法	420
18.5	信息概念格及其约简	423
18.6	结论	432
作者简介		435
后记		

Contents

Preface

Chapter 1 On Unifying Formal Concept Analysis and Rough Set Analysis *Y.Y. Yao*

1.1	Introduction	1
1.2	Definability of Concepts in a Binary Table	3
1.3	Formal Concept Analysis	8
1.4	Rough Set Analysis	12
1.5	Conclusion	15

Part I Application Prospects of Rough Sets and Concept Lattices

Chapter 2 Massive Data Mining Based on Rough Set Theory *Wang Guoyin, Feng Lin*

2.1	Introduction	23
2.2	Basic Concepts of Rough Set Theory	26
2.3	Methodology of Research on Massive Data Mining Based on Rough Set Theory	28
2.4	Distributed Implementation of Massive Data Mining Methods	30
2.5	Incremental Implementation of Massive Data Mining Methods	39
2.6	Complexity Reduction of Massive Data Mining Methods .	50
2.7	Conclusion	60

Chapter 3 Information Granularity in Knowledge Management

Qiu Guofang, Jing Yanling

3.1	Introduction	64
3.2	The Problem of Tasks and Knowledge Matching in Knowledge Management	65
3.3	Formal Contexts and Knowledge Management Systems...	67
3.4	Knowledge Granule Lattice.....	69
3.5	Quasi-lattice of Information Granules.....	70
3.6	Iterative Algorithms for Constructing Information Granules and Knowledge Granules.....	73
3.7	Conclusion	76

Chapter 4 Variable Precision Concept Lattices and Approximation Reasoning

Fan Shiqing, Ma Jianmin

4.1	Introduction	79
4.2	Galois Connections and Concept Lattices.....	81
4.3	Properties and Relationships of Four Types of Fuzzy Concept Lattices	82
4.4	Fuzzy Reasoning Based on Fuzzy Concept Lattices	89
4.5	Variable Precision Concept Lattices	97
4.6	Conclusion	107

Part II Uncertainty Theory and Measures in Rough Sets

Chapter 5 Uncertainty and Knowledge Granularity in Rough Set Theory

Liang Jiye, Qian Yuhua

5.1	Introduction	113
5.2	Uncertainty Measures in Rough Set Theory	115
5.3	Knowledge Granularity in Rough Set Theory.....	127
5.4	Conclusion	132

Chapter 6 Uncertainty Measures in Rough Sets *Mi Jusheng*

6.1	Introduction	136
6.2	Entropies of Fuzzy Sets	137
6.3	Uncertainty Measures in Rough Fuzzy Sets	139
6.4	Uncertainty Measures in Fuzzy Rough Sets	144
6.5	Uncertainty Measures in Partition-based Fuzzy Rough Sets	147
6.6	Conclusion	157

Chapter 7 Rough Sets and Granular Computing

Ma Jianmin, Zhang Wenxiu, Yao Yiyu

7.1	Introduction	160
7.2	A Partition Model of Granular Computing	162
7.3	A Covering Model of Granular Computing	165
7.4	Granular Computing Based on Reflexive Relations and Dual Galois Connections	172
7.5	Conclusion	178

**Part III Axiomatic Characterizations and
Lattice Structures of Rough Sets****Chapter 8 On Axiomatic Characterizations of Rough Approx-
imation Operators *Wu Weizhi, Yee Leung***

8.1	Introduction	183
8.2	Axiomatic Characterizations of Crisp Generalized Rough Approximation Operators	185
8.3	Axiomatic Characterizations of Dual Rough Fuzzy Approximation Operators	190
8.4	Axiomatic Characterizations of Dual Fuzzy Rough Approximation Operators	194
8.5	Axiomatic Characterizations of Dual Fuzzy Rough Approximation Operators Based on Triangular Norms ..	198

8.6	Axiomatic Characterizations of Fuzzy Rough Approximation Operators Based on Implicators	202
8.7	Conclusion	208

Chapter 9 Rough Approximation Theory on Semi-Lattices

Li Hongru, Wang Ning

9.1	Introduction	212
9.2	Congruence Approximation Spaces on Semi-Lattices	214
9.3	Topological Structures of Congruence Approximation Spaces	217
9.4	Congruence Approximation Operators and Their Properties	220
9.5	Congruence Classifications and Rough Approximations in Information Systems	222
9.6	Conclusion	226

Chapter 10 Rough Approximation Operators in Boolean Algebras

Li Tongjun

10.1	Introduction	231
10.2	Lattices and Related Concepts	232
10.3	Covering-Based Rough Approximation Operators in Boolean Algebras	235
10.4	Comparison of Two Types of Approximation Operators.	239
10.5	Covering Reduction Based on 1-Type Rough Approximation Operators	244
10.6	Covering Reduction Based on 2-Type Approximation Operators	246
10.7	Conclusion	249

Chapter 11 On the Generalization of Fuzzy Rough Sets

Chen Degang, Yang Su, Zeng Xiangcai, Wang Xizhao

11.1	Introduction	253
11.2	Preliminaries	255

11.3	Approximation Operators Based on an Arbitrary Fuzzy Relation	261
11.4	Connections between Approximation Operators and Special Fuzzy Relations	265
11.5	Axiomatic Approaches of Fuzzy Rough Sets	269
11.6	Lattice Structures of Fuzzy Rough Sets	279
11.7	Relationships between Approximation Operators and Fuzzy Topologies	282
11.8	Conclusion	284

Part IV Theory and Methods of Reduction in Rough Sets

Chapter 12 Attribution Reductions in Formal Decision Tables

Yuan Xiujin

12.1	Introduction	291
12.2	Basic Concepts	292
12.3	Formal Reductions in Information Systems	293
12.4	Formal Decision Tables	294
12.5	Equivalence of Attribute Reductions in Consistent and Inconsistent Formal Decision Tables	302
12.6	Conclusion	305

Chapter 13 Knowledge Reductions and Rule Acquisition in Set-Valued Information Systems

Song Xiaoxue

13.1	Introduction	308
13.2	Set-Valued Information Systems	309
13.3	Set-Valued Decision Information Systems	313
13.4	Consistent Set-Valued Decision Information Systems	318
13.5	Inconsistent Set-Valued Decision Information Systems ..	320
13.6	Conclusion	321

Chapter 14 Knowledge Reductions in Information Systems**Based on Dominance Relations***Xu Weihua*

14.1	Introduction	325
14.2	Basic Concepts	326
14.3	Distribution Reducts in Information Systems	329
14.4	Allocation Reducts in Information Systems	334
14.5	Matrix Algorithms for Finding an Allocation Reduct ..	338
14.6	Fuzziness in Generalized Rough Sets Induced by a Covering.....	344
14.7	Conclusion	350

Part V Reduction Theory and Rule Acquisition in Concept Lattices**Chapter 15 Theory and Approaches of the Attribute****Reductions in Concept Lattices***Wei Ling*

15.1	Introduction	357
15.2	Basic Concepts of Concept Lattice Theory	360
15.3	Judgment Theorems of Attribute Reductions in Concept Lattices	364
15.4	Approaches to Attribute Reductions in Concept Lattices	368
15.5	Attribute Characteristics in Concept Lattices	371
15.6	Conclusion.....	377

Chapter 16 Knowledge Reductions in Generalized Consistent**Decision Formal Contexts***Wang Hong*

16.1	Introduction	381
16.2	Formal Contexts and Formal Concept Lattices	382
16.3	Knowledge Reductions in Generalized Consistent Decision Formal Contexts	383
16.4	Knowledge Reduction Algorithms for Generalized Consistent Decision Formal Contexts	385