

# 模糊知识 处理的理论与技术

何新贵 著

国防工业出版社

TP14  
5

# 模糊知识处理的理论与技术

何新贵 著

国防工业出版社

(京) 新登字 106 号

图书在版编目 (CIP) 数据

模糊知识处理的理论与技术/何新贵·-北京: 国防  
工业出版社, 1993  
ISBN 7-118-01169-X

I. 模…  
II. 何…  
III. 模糊信息处理  
IV. TP14

模糊知识处理的理论与技术

何新贵 著

责任编辑 鹿啟炳

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 毫米 32 开本 印张  $16\frac{7}{8}$  438 千字

1994 年 1 月第 1 版 1994 年 1 月第 1 次印刷 印数: 1 — 2000 册

ISBN 7-118-01169-X/TP·156

定价: 18.80 元

## 致 读 者

本书由国防科技出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分，又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展，加强社会主义物质文明和精神文明建设，培养优秀科技人才，确保国防科技优秀图书的出版，国防科工委于1988年初决定每年拨出专款，设立国防科技图书出版基金，成立评审委员会，扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是：

1. 学术水平高，内容有创见，在学科上居领先地位的基础科学理论图书；在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖，内容具体、实用，对国防科技发展具有较大推动作用的专著；密切结合科学技术现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值，密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科学技术领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作，负责掌握出版基金的使用方向，评审受理的图书选题，决定资助的图书选题和资助金额，以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书，由国防工业出版社列出出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就，积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下，国防科工委率先设立出版基金，扶持出版科技图书，这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版，随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物，是对出版工作的一项改革。因而，评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进，这样，才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授，以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来，为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗！

国防科技图书出版基金

评审委员会

# 国防科技图书出版基金

## 第二届评审委员会组成人员

名誉主任委员：怀国模

主任委员：黄 宁

副主任委员：殷鹤龄 高景德 陈芳允 曾铎

秘书长：刘琯德

委员：（按姓氏笔画排列）

尤子平 朱森元 朵英贤

刘 仁 何庆芝 何国伟

何新贵 宋家树 张汝果

范学虹 胡万忱 柯有安

侯 迁 侯正明 莫梧生

崔尔杰

# 前 言

大约在10年前我开始对世界的模糊性产生了兴趣。感到模糊性与随机性一样，是客观世界的一个很重要的属性。但是事物的随机性规律可以说已被人们研究得比较透彻。研究随机性的数学理论——概率论与统计学可以说已经相当成熟。与此对照，研究模糊性的模糊数学在理论上和方法上都远没有概率论成熟，反映在人们对客观世界模糊规律的研究也远不够深入。可是，模糊性在现实生活中又是如此重要，如此普遍存在，对其研究的必要性已被越来越多的人所认识，因而已经吸引了不少学者在从事这方面的工作。我认为模糊性的研究是一个复杂的问题，人们对客观世界的认识和知识经常带有模糊性。由于所有客观事物都具有质和量两个方面，而且量是刻画事物的最基本的因素，量变到一定程度可以引起质的飞跃。量相对而言也是比较容易刻画的一个方面。所以当初我决定从模糊数量如何表示和运用这个比较容易的问题着手来研究模糊性。我们首先开展了模糊数据库系统的研究与应用。后来我们很快就发现为了研究世界的模糊性，光有模糊的数据是很不够的，各种模糊逻辑和模糊推理方法的研究是必不可少的，因此随后我们在模糊数据库研究的基础上，开展了演绎的模糊数据库和各种模糊逻辑的研究。两年之前我曾出版过一本书，《知识处理与专家系统》，想把有关知识处理的现有成果系统化和理论化，把它形成一门指导各种基于知识的系统研究与开发的独立学科。该书已收进了一部分作者近年来关于模糊数据库、模糊知识表示以及模糊逻辑等方面的研究成果。但是我深感，仅用这些来应付客观世界模糊性的研究是很不够的。对物质世界模糊规律性的描述和研究需要有模糊数学和其它模糊理论的指导，这是一项艰难和长期的任务，必须逐步深入研究，并在建立各种

基于模糊知识的系统的实践中，逐步完善理论。所以在《知识处理与专家系统》一书尚未定稿之时，我就萌发了打算写一本关于模糊知识处理的书，争取该书具有一定的数学理论，又包含一些模糊处理技术和方法。现在这本书就是在这个思想的指导下写成的，想作为上一本书的补篇，着重论述对模糊世界的表示和处理问题。显然，至今关于知识处理中的模糊理论和技术的研究仍是较粗浅的，要达到类似对随机性的研究水平，还有很长的路要走。所以，我对本书仍是很不满意的。此举不过是想再抛一块“砖”，以引起更多的学者来关心这个领域的研究与发展。

在此，我要感谢王铁、刘应红、狄淑月、韩立新以及马国荣等同志的热心帮助，由于他们辛勤的工作才把我的一堆杂乱无章的废纸变成了如今这样一本书。本书考虑到计算机排版处理的方便，书中全部外文字母采用正体。由于很多内容是首次发表，有的仅是我的一孔之见，疏漏和错误一定难免，深切希望大家批评指正。

何新贵 于北京系统工程研究所

1992 年 7 月



# 目 录

## 序 篇 模糊世界

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 0. 1 世界的模糊性 .....         | 2  |
| 0. 2 世界的模糊抽象模型 .....      | 3  |
| 0. 3 研究现实世界的模糊方法和技术 ..... | 8  |
| 0. 3. 1 模糊概念的表示 .....     | 8  |
| 0. 3. 2 模糊概念的处理和运用 .....  | 10 |
| 0. 4 本书的目标及其内容组织 .....    | 11 |

## 第一篇 模糊理论

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 第一章 模糊集合论 .....                      | 14 |
| 1. 1 隶属函数和模糊集合 .....                 | 14 |
| 1. 2 模糊集上的一般运算 .....                 | 18 |
| 1. 3 模糊集的截集、支集和核 .....               | 21 |
| 1. 4 模糊集的限幅集、滤波集和 $\lambda$ -集 ..... | 22 |
| 1. 5 模糊集上的交型运算和并型运算 .....            | 23 |
| 1. 6 模糊集上的模运算 .....                  | 26 |
| 1. 7 模糊集上的代数运算 .....                 | 28 |
| 1. 8 模糊集上的投影运算 .....                 | 29 |
| 1. 9 模糊集的数字特征 .....                  | 29 |
| 1. 9. 1 模糊度 .....                    | 29 |
| 1. 9. 2 模糊熵 .....                    | 30 |
| 1. 9. 3 确定度 .....                    | 31 |
| 1. 9. 4 平均隶属度 .....                  | 32 |
| 1. 9. 5 模糊集的重心或均值 .....              | 32 |
| 1. 9. 6 模糊集的方差 .....                 | 33 |
| 1. 9. 7 模糊集的矩 .....                  | 33 |
| 1. 9. 8 结语 .....                     | 33 |
| 1. 10 模糊集间的映射和扩张原理 .....             | 33 |
| 1. 11 欧氏空间中的模糊集 .....                | 35 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 1. 11. 1 凸模糊集 .....         | 35        |
| 1. 11. 2 实数域上的常用模糊集 .....   | 36        |
| 1. 12 产生隶属函数的方法 .....       | 39        |
| 1. 12. 1 确定隶属函数的统计方法 .....  | 40        |
| 1. 12. 2 确定隶属函数的选择比较法 ..... | 42        |
| 1. 13 模糊序列 .....            | 44        |
| <b>第二章 模糊关系</b> .....       | <b>46</b> |
| 2. 1 模糊关系的定义 .....          | 46        |
| 2. 2 模糊关系上的合成运算 .....       | 47        |
| 2. 3 模糊关系的自反性、对称性和传递性 ..... | 49        |
| 2. 4 模糊相似关系 .....           | 52        |
| 2. 5 模糊等价关系 .....           | 52        |
| 2. 6 模糊变换 .....             | 53        |
| 2. 7 模糊向量 .....             | 55        |
| 2. 7. 1 模糊向量的数乘和线性组合 .....  | 56        |
| 2. 7. 2 模糊向量的内积、外积与叉积 ..... | 56        |
| 2. 7. 3 贴近度、距离和择近原理 .....   | 58        |
| 2. 7. 4 相似度 .....           | 60        |
| 2. 8 语义关联度 .....            | 62        |
| 2. 8. 1 语义关联度的定义 .....      | 62        |
| 2. 8. 2 语义关联度的近似计算 .....    | 65        |
| <b>第三章 模糊数</b> .....        | <b>67</b> |
| 3. 1 模糊集合表示的模糊数 .....       | 67        |
| 3. 2 模糊数上的算术运算 .....        | 68        |
| 3. 3 模糊数上的函数 .....          | 70        |
| 3. 4 模糊数上的关系运算 .....        | 70        |
| 3. 4. 1 基于数字特征的关系运算 .....   | 71        |
| 3. 4. 2 基于集合运算的关系运算 .....   | 72        |
| 3. 5 其它方式表示的模糊数 .....       | 76        |
| 3. 5. 1 模糊区间数 .....         | 76        |
| 3. 5. 2 模糊区间组 .....         | 76        |
| 3. 5. 3 模糊中心数和模糊中心数组 .....  | 77        |
| 3. 5. 4 集合模糊数 .....         | 77        |
| 3. 6 各种模糊数间的语义距离 .....      | 77        |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 3. 6. 1 模糊集间的语义距离 .....       | 78         |
| 3. 6. 2 模糊区间数间的语义距离 .....     | 78         |
| 3. 6. 3 模糊中心数间的语义距离 .....     | 79         |
| 3. 6. 4 精确数与模糊数间的语义距离 .....   | 79         |
| 3. 6. 5 精确数与隶属函数间的语义距离 .....  | 79         |
| 3. 7 其它模糊数上的算术运算和关系运算 .....   | 80         |
| 3. 7. 1 模糊中心数之间的算术运算 .....    | 80         |
| 3. 7. 2 模糊区间数之间的算术运算 .....    | 81         |
| 3. 7. 3 各种模糊数上的关系运算 .....     | 81         |
| <b>第四章 广义模糊集 .....</b>        | <b>84</b>  |
| 4. 1 语言值 .....                | 84         |
| 4. 2 语言模糊集 .....              | 84         |
| 4. 3 格模糊集 .....               | 85         |
| 4. 4 高阶模糊集 .....              | 88         |
| 4. 5 广义模糊集 .....              | 89         |
| <b>第五章 模糊图论 .....</b>         | <b>90</b>  |
| 5. 1 模糊图 .....                | 91         |
| 5. 2 有向模糊图 .....              | 93         |
| 5. 3 多重模糊图 .....              | 94         |
| 5. 4 模糊图中的路径和连通性 .....        | 96         |
| 5. 5 模糊图的 $\lambda$ -截图 ..... | 98         |
| 5. 6 模糊图上的操作 .....            | 102        |
| 5. 7 有向模糊图的连接分析 .....         | 104        |
| 5. 8 有向模糊图的最短路径问题 .....       | 105        |
| 5. 9 有向模糊图的最大概率问题 .....       | 108        |
| 5. 10 模糊树 .....               | 110        |
| 5. 11 模糊与/或树 .....            | 111        |
| 5. 12 模糊 Petri 网 .....        | 114        |
| 5. 13 H 网 .....               | 117        |
| 5. 14 模糊 H 网 .....            | 121        |
| <b>第六章 模糊概率 .....</b>         | <b>125</b> |
| 6. 1 精确事件的精确概率 .....          | 126        |
| 6. 2 精确事件的模糊概率 .....          | 127        |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 6. 3 模糊事件的精确概率 .....         | 129 |
| 6. 4 模糊事件的模糊概率 .....         | 132 |
| 第七章 模糊语言 .....               | 134 |
| 7. 1 语言的模糊模型 .....           | 134 |
| 7. 2 模糊语法 .....              | 136 |
| 7. 2. 1 0型模糊语法 .....         | 139 |
| 7. 2. 2 1型模糊语法 .....         | 140 |
| 7. 2. 3 2型模糊语法 .....         | 141 |
| 7. 2. 4 3型模糊语法 .....         | 141 |
| 7. 3 模糊语义 .....              | 142 |
| 7. 3. 1 单词 .....             | 143 |
| 7. 3. 2 语言值 .....            | 144 |
| 7. 3. 3 词组 .....             | 144 |
| 7. 3. 4 语气算子 .....           | 144 |
| 7. 3. 5 模糊化算子 .....          | 145 |
| 7. 3. 6 模糊陈述句 .....          | 146 |
| 7. 3. 7 模糊蕴含句 .....          | 146 |
| 7. 4 模糊程序设计语言 .....          | 147 |
| 7. 4. 1 处理对象的模糊化 .....       | 147 |
| 7. 4. 2 类型的模糊化 .....         | 147 |
| 7. 4. 3 语句的模糊化 .....         | 147 |
| 第八章 模糊逻辑和统计逻辑 .....          | 150 |
| 8. 1 三值逻辑 .....              | 150 |
| 8. 1. 1 Kleene 的强三值逻辑 .....  | 151 |
| 8. 1. 2 Lukasiewicz 逻辑 ..... | 152 |
| 8. 1. 3 Bochvar 逻辑 .....     | 153 |
| 8. 1. 4 三值代数——计算三值逻辑 .....   | 155 |
| 8. 2 狭义模糊逻辑 .....            | 156 |
| 8. 2. 1 狭义模糊逻辑的合式公式 .....    | 157 |
| 8. 2. 2 其它模糊蕴含算子 .....       | 159 |
| 8. 2. 3 模糊三段论 .....          | 160 |
| 8. 3 区间值模糊逻辑 .....           | 161 |
| 8. 4 语言值模糊逻辑 .....           | 163 |
| 8. 5 广义模糊逻辑 .....            | 165 |

|           |                  |     |
|-----------|------------------|-----|
| 8. 5. 1   | 合式逻辑公式 .....     | 166 |
| 8. 5. 2   | 广义模糊三段论 .....    | 167 |
| 8. 5. 3   | I 型推理问题 .....    | 168 |
| 8. 5. 4   | II 型推理问题 .....   | 170 |
| 8. 5. 5   | III 型推理问题 .....  | 171 |
| 8. 6      | 非单调模糊逻辑 .....    | 171 |
| 8. 6. 1   | 逻辑的单调性 .....     | 172 |
| 8. 6. 2   | 模糊的默认逻辑 .....    | 176 |
| 8. 7      | 加权模糊逻辑 .....     | 178 |
| 8. 8      | 模糊计算逻辑 .....     | 181 |
| 8. 9      | 分布值逻辑 .....      | 183 |
| 8. 10     | Bayes 概率逻辑 ..... | 186 |
| 8. 11     | 统计归纳逻辑 .....     | 191 |
| 8. 11. 1  | 统计枚举归纳规则 .....   | 192 |
| 8. 11. 2  | 非单调枚举归纳规则 .....  | 192 |
| 8. 11. 3  | 类属归纳规则 .....     | 193 |
| 8. 11. 4  | 统计外延归纳规则 .....   | 195 |
| 8. 11. 5  | 统计联想归纳规则 .....   | 196 |
| 8. 11. 6  | 统计类比归纳规则 .....   | 197 |
| 8. 11. 7  | 猜想验证式归纳规则 .....  | 198 |
| 8. 11. 8  | 概率逆归纳规则 .....    | 199 |
| 8. 11. 9  | 消除归纳规则 .....     | 201 |
| 8. 11. 10 | 归纳与概念的形成 .....   | 203 |

## 第二篇 知识处理中的模糊技术

|         |                  |     |
|---------|------------------|-----|
| 第九章     | 知识处理中的基本问题 ..... | 207 |
| 9. 1    | 引言 .....         | 207 |
| 9. 2    | 基本概念 .....       | 210 |
| 9. 2. 1 | 数据 .....         | 210 |
| 9. 2. 2 | 信息 .....         | 212 |
| 9. 2. 3 | 知识 .....         | 212 |
| 9. 2. 4 | 智力与智能 .....      | 214 |
| 9. 2. 5 | 知识库与知识处理器 .....  | 215 |
| 9. 3    | 知识的属性 .....      | 215 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 9. 3. 1 真理性 .....           | 215 |
| 9. 3. 2 相对性 .....           | 216 |
| 9. 3. 3 不完全性 .....          | 216 |
| 9. 3. 4 模糊性与不精确性 .....      | 217 |
| 9. 3. 5 可表示性 .....          | 217 |
| 9. 3. 6 可存储性 .....          | 218 |
| 9. 3. 7 可传递性 .....          | 218 |
| 9. 3. 8 可处理性 .....          | 218 |
| 9. 4 知识的分类 .....            | 219 |
| 9. 4. 1 事实 .....            | 219 |
| 9. 4. 2 规则 .....            | 219 |
| 9. 4. 3 规律 .....            | 219 |
| 9. 4. 4 推理方法 .....          | 220 |
| 9. 4. 5 解题方法或算法 .....       | 221 |
| 9. 4. 6 理论与知识空间 .....       | 222 |
| 9. 4. 7 理论知识与专门知识 .....     | 222 |
| 9. 5 知识处理三要素 .....          | 222 |
| 9. 5. 1 知识的表示 .....         | 223 |
| 9. 5. 2 知识的获取 .....         | 224 |
| 9. 5. 3 知识的运用和处理 .....      | 227 |
| 9. 6 知识处理语言 .....           | 228 |
| 第十章 模糊知识的表示 .....           | 230 |
| 10. 1 定性知识与定量知识 .....       | 230 |
| 10. 2 定性概念与定性知识的表示 .....    | 231 |
| 10. 3 模糊关系表示 .....          | 233 |
| 10. 3. 1 模糊事实的关系表示 .....    | 234 |
| 10. 3. 2 模糊规则的关系表示 .....    | 235 |
| 10. 4 模糊逻辑表示 .....          | 237 |
| 10. 4. 1 模糊概念和事实的表示 .....   | 237 |
| 10. 4. 2 模糊规则的表示 .....      | 238 |
| 10. 5 产生式表示 .....           | 239 |
| 10. 5. 1 模糊产生式规则的定义 .....   | 239 |
| 10. 5. 2 模糊匹配 .....         | 241 |
| 10. 5. 3 产生式的激活执行 .....     | 242 |
| 10. 5. 4 产生式规则的与/或树表示 ..... | 244 |

|           |                           |     |
|-----------|---------------------------|-----|
| 10. 5. 5  | 模糊产生式规则的形式描述 .....        | 245 |
| 10. 5. 6  | 一个例子 .....                | 245 |
| 10. 6     | 模糊框架表示 .....              | 247 |
| 10. 6. 1  | 简单框架 .....                | 247 |
| 10. 6. 2  | 多层嵌套的框架 .....             | 248 |
| 10. 6. 3  | 模糊框架 .....                | 257 |
| 10. 7     | 模糊语义网络表示 .....            | 260 |
| 10. 7. 1  | 语义网的图形表示 .....            | 260 |
| 10. 7. 2  | 语义网络的形式描述 .....           | 262 |
| 10. 7. 3  | 模糊语义网络 .....              | 263 |
| 10. 8     | 模糊与/或语义图表示 .....          | 265 |
| 10. 8. 1  | 与/或语义图 .....              | 265 |
| 10. 8. 2  | 模糊与/或语义图 .....            | 269 |
| 10. 8. 3  | 结构可变的模糊与/或语义图及其学习行为 ..... | 273 |
| 10. 9     | 模糊过程表示 .....              | 275 |
| 10. 9. 1  | 模糊过程 .....                | 275 |
| 10. 9. 2  | 模糊语句的执行 .....             | 278 |
| 10. 10    | 面向对象的表示 .....             | 281 |
| 10. 10. 1 | 面向对象的方法学 .....            | 281 |
| 10. 10. 2 | 模糊对象类的定义方式 .....          | 282 |
| 10. 10. 3 | 模糊对象的构成方式 .....           | 283 |
| 10. 10. 4 | 原子对象类 .....               | 285 |
| 10. 10. 5 | 结构对象类 .....               | 287 |
| 10. 11    | 模糊知识表达式 .....             | 288 |
| 10. 11. 1 | 模糊知识原子 .....              | 288 |
| 10. 11. 2 | 模糊知识因子 .....              | 290 |
| 10. 11. 3 | 更复杂的模糊知识因子 .....          | 291 |
| 10. 11. 4 | 模糊知识项 .....               | 293 |
| 10. 11. 5 | 模糊知识表达式 .....             | 293 |
| 10. 11. 6 | 模糊知识表达式的 BNF 表示 .....     | 297 |
| 10. 11. 7 | 模糊知识表达式是一种通用的知识表示模式 ..... | 298 |
| 10. 11. 8 | 应用举例 .....                | 299 |
| 10. 12    | 模糊混合的知识表示模式 .....         | 302 |
| 10. 12. 1 | 一些混合的知识表示方案 .....         | 302 |
| 10. 12. 2 | 知识表示模式的选择和设计 .....        | 303 |

|                                           |            |
|-------------------------------------------|------------|
| 10. 13 模糊知识表示语言 .....                     | 304        |
| 10. 13. 1 原子 .....                        | 304        |
| 10. 13. 2 论域与模糊集 .....                    | 305        |
| 10. 13. 3 模糊知识原子 .....                    | 307        |
| 10. 13. 4 模糊知识因子 .....                    | 308        |
| 10. 13. 5 模糊对象描述 .....                    | 311        |
| 10. 13. 6 模糊知识表达式 .....                   | 311        |
| 10. 13. 7 模糊知识模块 .....                    | 312        |
| <b>第十一章 模糊数据库技术</b> .....                 | <b>315</b> |
| 11. 1 引言 .....                            | 315        |
| 11. 2 模糊数据模型 .....                        | 316        |
| 11. 2. 1 模糊关系数据模型 (FRDM) .....            | 316        |
| 11. 2. 2 模糊值关系数据模型 (FVRDM) .....          | 319        |
| 11. 2. 3 不定值关系数据模型 (UVRDM) .....          | 320        |
| 11. 2. 4 模糊值模糊关系数据模型 (FVFRDM) .....       | 321        |
| 11. 2. 5 属性加权的模糊值模糊关系数据模型 (WFVFRDM) ..... | 322        |
| 11. 2. 6 模糊实体——联系数据模型 (FERDM) .....       | 325        |
| 11. 2. 7 面向对象的模糊数据模型 (OOFDM) .....        | 326        |
| 11. 3 对象间的语义距离 .....                      | 334        |
| 11. 4 模糊投影与模糊视图 .....                     | 336        |
| 11. 4. 1 模糊投影 .....                       | 336        |
| 11. 4. 2 模糊视图 .....                       | 336        |
| 11. 5 模糊数据库语言 .....                       | 338        |
| 11. 6 模糊数据库管理系统 (FDBMS) .....             | 343        |
| <b>第十二章 模糊知识的运用</b> .....                 | <b>348</b> |
| 12. 1 引言 .....                            | 348        |
| 12. 2 模糊关系表示的知识的处理和运用 .....               | 348        |
| 12. 3 模糊逻辑表示的知识的处理和运用 .....               | 350        |
| 12. 3. 1 执行控制机构 .....                     | 351        |
| 12. 3. 2 执行模糊 Prolog 的例子 .....            | 352        |
| 12. 3. 3 变量的约束与解脱 .....                   | 356        |
| 12. 4 模糊框架表示的知识的处理和运用 .....               | 357        |
| 12. 4. 1 知识库 .....                        | 358        |
| 12. 4. 2 沿着 AKO 链的查填槽过程 .....             | 358        |



|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 12. 4. 3 沿着其他关系链的查填槽过程 .....   | 361        |
| 12. 4. 4 具体实现 .....            | 361        |
| 12. 4. 5 结语 .....              | 362        |
| 12. 5 模糊语义网络表示的知识的处理和运用 .....  | 363        |
| 12. 6 模糊过程表示的知识的处理和运用 .....    | 368        |
| 12. 7 模糊产生式表示的知识的处理和运用 .....   | 368        |
| <b>第十三章 模糊推理与知识不完全推理 .....</b> | <b>371</b> |
| 13. 1 狭义模糊推理 .....             | 371        |
| 13. 2 加权模糊推理 .....             | 373        |
| 13. 3 模糊计算推理 .....             | 377        |
| 13. 4 MYCIN 的不精确推理 .....       | 379        |
| 13. 5 基于模糊变换的模糊推理 .....        | 383        |
| 13. 6 定性推理 .....               | 387        |
| 13. 7 知识不完全推理 .....            | 391        |
| 13. 7. 1 常识推理 .....            | 392        |
| 13. 7. 2 假设验证式推理 .....         | 393        |
| 13. 7. 3 其它推理方法 .....          | 394        |
| 13. 8 一般模糊推理 .....             | 395        |
| 13. 8. 1 多条件模糊推理 .....         | 395        |
| 13. 8. 2 多维模糊推理 .....          | 396        |
| <b>第十四章 模糊技术 .....</b>         | <b>399</b> |
| 14. 1 模糊分类 .....               | 399        |
| 14. 1. 1 模糊聚类法 .....           | 399        |
| 14. 1. 2 利用语义关联度进行模糊分类 .....   | 402        |
| 14. 2 模糊匹配与检索 .....            | 406        |
| 14. 2. 1 模糊匹配 .....            | 406        |
| 14. 2. 2 模糊检索 .....            | 407        |
| 14. 3 模糊识别 .....               | 408        |
| 14. 3. 1 基于模糊匹配的识别 .....       | 408        |
| 14. 3. 2 基于最大隶属原则的识别 .....     | 408        |
| 14. 4 模糊综合评判与模糊决策 .....        | 410        |
| 14. 4. 1 模糊综合评判 .....          | 410        |
| 14. 4. 2 模糊决策 .....            | 413        |
| 14. 5 模糊诊断 .....               | 414        |