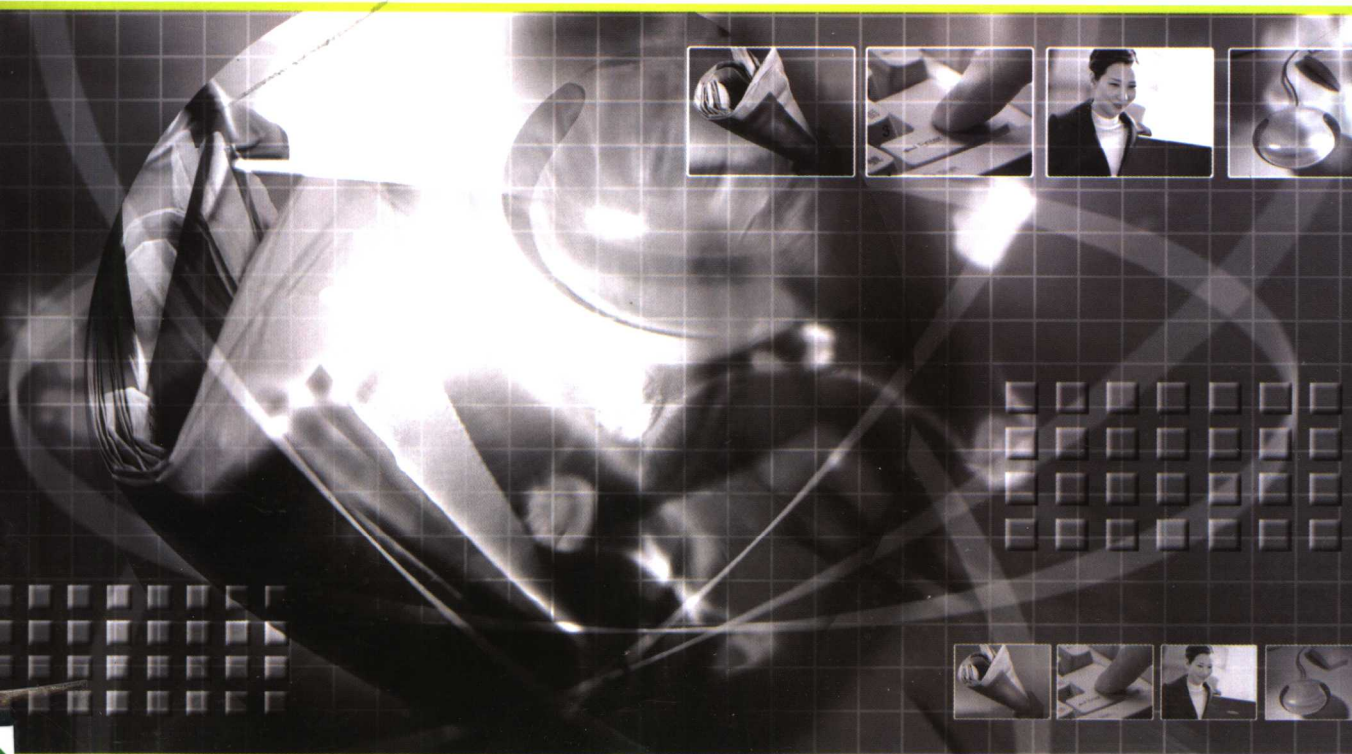




人工智能及其应用

RENGONG ZHINENG JIQI YINGYONG

—— 王宏生 编 ——



國防工業出版社

National Defense Industry Press

人工智能及其应用

王宏生 编



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是作者积累多年教学经验,参考国内外大量文献资料,追踪当代人工智能发展趋势而写成的教材。

全书共分七篇。第一篇讲述模拟人类自然推理的不确定性推理方法和非单调推理方法:包括专家系统 MYCIN 的不确定性推理方法、主观 Bayes 方法、模糊推理、证据理论和非单调推理;第二篇讲述机器学习的概念与方法:包括概念学习、决策树学习和学习规则集合;第三篇讲述计算智能:包括人工神经网络、遗传算法和其它计算智能方法;第四篇讲述如何在机器上实现人类的语言、视觉和听觉:包括语法和语义分析、基于语料库的自然语言理解、计算机视觉和语音处理;第五篇介绍蓬勃发展的分布式人工智能和 Agent 技术;第六篇介绍人工智能的三个应用领域:即汉语自然语言处理、光学文字识别及移动 Agent 技术;第七篇是作者对于人工智能的现在与未来的思考。

本书叙述简明清晰,逻辑性强,可作为高等学校相关专业研究生和高年级本科生的教材,也可供从事人工智能研究与应用的专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能及其应用 / 王宏生等编著. —北京:国防工业出版社,2006.1

ISBN 7-118-04215-3

I. 人... II. 王... III. 人工智能 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 124603 号

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)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 453 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:33.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

人工智能诞生于 1956 年,近 50 年来,人工智能经历了无数的争论、困难和挑战,不断地完善、成长和壮大。目前人工智能在机器自动推理、认知建模、机器学习、神经网络、自然语言处理、智能机器人等方面取得了相当的进展和成果,对其它学科的发展产生了巨大的影响,人工智能的诞生与发展已成为 20 世纪最伟大的成就之一。

近 10 年来,人工智能正从多层次、多角度对人类及其它动物的自然智能进行模拟、延伸和拓展,模拟人类的自然推理方式、模拟人类学习的方式、模拟自然界生物进化的方式、模拟人类思维的结构、模拟人类语言、视觉和听觉成为现代人工智能研究的主流。本书就是在这样的背景下写成的。

本书分 7 篇共 23 章。

第一篇高级推理技术。包括不确定性推理和非单调推理。机器推理建立在传统逻辑基础上,但是传统逻辑是二值逻辑,推理的结论要么为真,要么为假,这与人的自然思维中的“可能”、“大概”等相去甚远。本篇首先介绍了传统推理技术,然后讨论了专家系统 MYCIN 的不确定性推理方法、主观 Bayes 方法、模糊推理和证据理论 4 种模拟人类自然推理的高级推理技术。在传统逻辑中,推理的前提一定为真,得出的结论也一定恒为真,这也与人类的自然推理方式不符。人类的历史长河中,有很多结论在当时看来是正确的,多年以后却发现是错误的,对此,本篇还讨论了非单调推理方法。

第二篇机器学习。学习是人类智能具有的基本特征之一,建立学习型社会,提倡终身学习是现代社会的潮流。人工智能要使机器具有人那样的智能,就必须具有学习能力。本篇首先给出了机器学习的概念,然后阐述了概念学习、决策树学习和学习规则集合三种方法。

第三篇计算智能。第一个关于计算智能的定义是由贝兹德克(Bezdek)于 1992 年提出的,他认为,从严格的意义上讲,计算智能取决于制造提供的数值数据,而不依赖于知识。本篇讨论了人工神经网络和遗传算法两个典型的计算智能技术,为了全面地反映计算智能的研究成果,本篇还介绍了进化策略、进化编程、人工生命、粒群优化和蚁群算法等其它计算智能方法。

第四篇自然语言理解与感知。语言、视觉和听觉是人类交流、获取信息的重要渠道,对于人工智能当然也是十分重要的。自然语言理解近年发展迅速,其代表性成果是基于语料库的统计自然语言理解。本篇除论述经典的语法分析外,专辟一章反映这些进展。模拟人类的视觉和听觉是人工智能最困难的问题之一,本篇对此进行了论述。

第五篇 Agent 技术。Agent 技术是源于分布式计算,近年蓬勃发展起来的人工智能技术,目前已渗透到电子商务、网络管理与入侵检测、主动网络、证券交易系统、信息查询等诸多领域,基于 Agent 的软件开发技术被公认为是下一代软件开发技术。本篇从

Agent 的起源、发展到 Agent 技术等方面进行了阐述。

第六篇人工智能的应用。在人工智能的教学中,经常有学生问人工智能有哪些应用?实际上,人工智能的应用是极其广泛的,已经渗透到多个学科中,你可能每天都在不知不觉地运用人工智能思想解决问题。本篇阐述了人工智能在三个领域的应用以窥一斑而见全豹,这三个领域是:汉语自然语言处理、光学字符识别和移动 Agent 技术。

第七篇人工智能的现在与未来。这是本书独特的一篇,本书作者根据自己多年对人工智能的思考,从专家系统对知识的滥用开始,指出专家系统并不具有知识,只是进行符号串的变换,进而定义了强人工智能和弱人工智能。这一定义对于确定现代人工智能所处的水平层次有重要意义。最后通过一个常识、理发师悖论和歌德尔(Gödel)不完全性定理的讨论,证明了强人工智能只能局部实现,不能完整实现。需要说明的是,本篇的所有论述只代表我个人观点!

本书是一本教材,不是学术专著。作为教材,叙述简明清晰、利于教学是本书追求的目标。与国内外同类教材相比,本书具有如下特色:

(1) 本书融入了作者多年的教学经验。如讲述专家系统推理机时,本书采用独特的讲法,从假言推理到链式法则,指出推理机采用的推理逻辑,从知识库中的规则的结构特点、综合数据库的构成指出它们与推理树的对应情况。推理机的框图没有采用通常的冲突消解方法,而是根据教学经验总结出的具有实用价值(如用户给出的原始证据不全面时的处理)的框图。

(2) 复杂问题简单化。人工智能的有些理论是较复杂的,如果能把复杂问题分解为简单问题,再将简单问题解释清楚将有助于学生理解,如决策树中信息增益的计算。信息增益的计算公式包括两部分,原始信息熵和按属性划分后的信息熵。如果是学术专著,应该放在一起作为一个公式论述,但是作为教材则将这两部分分别论述,再合并到一个公式中,将更有助于学生理解。

(3) 对于现有理论给出更易于理解的方式。例如机器学习,首先我采用了 Mitchell 的关于学习的定义,因为这个定义能够抽象出来进行形式化的描述,然后提出了一个机器学习模型,将机器学习形式化后的各个部分都融入该模型,而且该模型不仅用于机器学习,也可以解释人的学习过程。

本书在编写过程中,参考了国内外大量的文献资料,有些在互联网上转载的资料已无法查明其出处,在此向这些文献资料的原作者表示深深的谢意!

本书从撰写到成稿,得到了很多人的热情帮助和支持,没有他们的帮助和支持,本书不会这么快完成!

感谢国防工业出版社李宝东编辑,他在本书的立项、撰写到成稿,都倾注了大量的心血!

感谢高翔、研究生苏北、文欣、古丽在文稿录入、图形编辑方面所做的工作!

最后感谢所有关心和支持本书的人!

王宏生
2005年9月

目 录

第一篇 高级推理技术

第 1 章 传统的推理技术	1
1.1 命题逻辑与谓词逻辑概论	1
1.1.1 命题逻辑	1
1.1.2 谓词逻辑	4
1.2 基于传统逻辑的推理机制	6
1.2.1 推理基础	6
1.2.2 基于传统逻辑的推理	8
小结	13
习题	13
第 2 章 专家系统 MYCIN 的不确定性推理方法	15
2.1 不确定性推理	15
2.1.1 什么是不确定性推理	15
2.1.2 不确定性推理中的基本问题	16
2.2 MYCIN 的可信度概念	18
2.3 MYCIN 的不精确推理模型	19
2.3.1 知识不确定性的表示	19
2.3.2 证据不确定性的表示	19
2.3.3 组合证据不确定性的算法	20
2.3.4 不确定性的传递算法	20
2.3.5 结论不确定性的合成算法	20
2.4 带加权因子的可信度推理	22
小结	23
习题	24
第 3 章 主观 Bayes 方法	25
3.1 概率论的简单回顾	25
3.2 主观 Bayes 方法的基本理论	26
3.2.1 知识不确定性的表示	26
3.2.2 主观 Bayes 方法的基本算法	26
3.3 主观 Bayes 方法的推理模型	30

3.3.1 组合证据不确定性的计算·····	30
3.3.2 证据不确定性的传递·····	30
3.3.3 结论不确定性的合成·····	31
小结·····	33
习题·····	33
第4章 模糊推理 ·····	35
4.1 模糊数学的基本知识·····	35
4.1.1 模糊集合·····	35
4.1.2 模糊关系及其运算·····	36
4.2 模糊假言推理·····	38
4.2.1 模糊知识的表示·····	38
4.2.2 前提的模糊匹配·····	38
4.2.3 简单模糊推理·····	39
小结·····	41
习题·····	41
第5章 证据理论 ·····	43
5.1 基本理论·····	43
5.1.1 命题的表示·····	43
5.1.2 概率分配函数·····	43
5.1.3 信任函数·····	44
5.1.4 似然函数·····	44
5.1.5 概率分配函数的正交和·····	45
5.2 证据理论的推理模型·····	46
5.2.1 一个特殊的概率分配函数·····	46
5.2.2 类概率函数·····	47
5.2.3 规则的表示方法·····	49
5.2.4 多前提组合的 CER 计算·····	49
5.2.5 不确定性的传递算法·····	49
小结·····	52
习题·····	53
第6章 非单调推理 ·····	54
6.1 缺省理论·····	54
6.1.1 缺省规则的形式·····	54
6.1.2 缺省规则的分类·····	55
6.2 界限理论·····	55
6.3 正确性维持系统·····	57
小结·····	59
习题·····	60

第二篇 机器学习

第7章 机器学习概论	61
7.1 机器学习模型与形式化	61
7.1.1 机器学习模型	61
7.1.2 机器学习模型的形式化	63
7.2 学习系统的结构和训练样例	64
7.2.1 设计目标函数	64
7.2.2 目标函数的表示形式	65
7.2.3 设计函数逼近算法	66
7.2.4 训练经验的选择	68
7.2.5 最终设计	68
7.3 学习系统的观点和问题	70
小结	71
习题	71
第8章 概念学习	73
8.1 什么是概念学习	73
8.2 概念学习的搜索空间	74
8.3 假设空间的偏序关系	74
8.4 寻找极大特殊假设的 F_{IND} -S 算法	75
8.5 变型空间和候选消除算法	78
8.5.1 变型空间的定义	78
8.5.2 列表后消除算法	79
8.5.3 候选消除算法	79
8.5.4 变型空间和候选消除算法的几点说明	84
小结	86
习题	87
第9章 决策树学习	89
9.1 决策树表示法及其含义	89
9.2 决策树学习的适用问题	90
9.3 决策树学习的 ID3 算法	92
9.4 最佳属性的选择	93
9.4.1 用熵度量系统的混乱程度	93
9.4.2 信息增益最佳分类属性	96
9.4.3 决策树计算举例	96
9.5 决策树学习的问题	99
小结	101
习题	102

第 10 章 学习规则集合	104
10.1 学习命题逻辑规则	104
10.2 学习一阶逻辑规则	108
10.2.1 假设的产生	108
10.2.2 归纳推理	110
10.2.3 FOIL 算法	111
小结	114
习题	114

第三篇 计算智能

第 11 章 人工神经网络	116
11.1 脑神经系统与生物神经元的结构与特征	116
11.2 人工神经元的结构与模型	118
11.2.1 人工神经元	118
11.2.2 常用的人工神经元模型	119
11.3 人工神经网络的互连结构	120
11.3.1 单层或两层网络结构	120
11.3.2 多层网络结构	121
11.4 感知器及其训练法则	122
11.4.1 感知器的定义与空间划分	122
11.4.2 感知器训练法则	125
11.4.3 梯度下降和 delta 法则	126
11.4.4 梯度下降的随机近似	128
11.5 多层网络和反向传播算法	129
11.5.1 可微阈值单元	129
11.5.2 反向传播算法	129
11.5.3 反向传播算法的说明	132
11.6 Hopfield 网络及其学习	133
11.6.1 Hopfield 网络的结构	133
11.6.2 Hopfield 模型的稳定性	134
11.6.3 Hopfield 网络学习算法	134
小结	135
习题	135
第 12 章 遗传算法	137
12.1 遗传算法概述	137
12.1.1 遗传算法的产生与发展	137
12.1.2 遗传算法中的基本概念	137
12.1.3 遗传算法的基本结构	139

12.1.4 遗传算法的基本特征·····	139
12.2 Holland 遗传算法·····	140
12.3 遗传算法的设计与实现·····	142
12.3.1 遗传算法的编码方法·····	142
12.3.2 适应度值量度·····	145
12.3.3 遗传算法的基本操作·····	147
12.3.4 参数控制·····	150
12.4 Holland 遗传算法的改进·····	153
12.4.1 Holland 遗传算法改进的思考方法·····	153
12.4.2 Micro 遗传算法·····	155
12.4.3 变种群规模的遗传算法·····	155
12.4.4 自适应遗传进化算法·····	156
12.4.5 并行遗传算法·····	157
12.5 遗传算法的收敛性·····	159
12.5.1 遗传算法收敛性的定义·····	159
12.5.2 未成熟收敛问题·····	159
12.5.3 遗传算法收敛性的结论·····	160
12.6 遗传算法的应用举例·····	160
12.6.1 组合优化问题·····	160
12.6.2 作业车间调度问题·····	162
小结·····	164
习题·····	165
第 13 章 其它计算智能方法 ·····	166
13.1 进化策略·····	166
13.1.1 进化策略的算法模型·····	166
13.1.2 进化策略和遗传算法的区别·····	167
13.2 进化编程·····	167
13.2.1 进化编程的机理与表示·····	167
13.2.2 进化编程的步骤·····	168
13.3 人工生命·····	169
13.3.1 人工生命研究的起源和发展·····	169
13.3.2 人工生命的定义和研究意义·····	169
13.3.3 人工生命的研究内容和方法·····	170
13.3.4 人工生命的实例·····	172
13.4 粒群优化·····	172
13.4.1 群智能和粒群优化概述·····	173
13.4.2 粒群优化算法·····	174
13.5 蚁群算法·····	176
13.5.1 蚁群算法基本原理·····	176

13.5.2 蚁群系统模型.....	177
小结.....	179
习题.....	179

第四篇 自然语言理解与感知

第 14 章 概述	180
14.1 自然语言理解的发展.....	180
14.1.1 萌芽.....	180
14.1.2 发展.....	181
14.1.3 繁荣.....	182
14.2 自然语言的构成.....	182
14.3 自然语言理解的层次.....	183
第 15 章 语法分析和语义分析	186
15.1 短语结构语法理论与乔姆斯基语法体系.....	186
15.1.1 短语结构语法理论.....	186
15.1.2 乔姆斯基语法体系.....	187
15.2 乔姆斯基语法体系的网络表示.....	189
15.2.1 有限状态转移网络.....	189
15.2.2 递归转移网络.....	191
15.2.3 扩充转移网络.....	191
15.3 语法分析.....	194
15.3.1 自顶向下分析算法.....	194
15.3.2 自底向上分析算法.....	196
15.3.3 带有属性限制的语法.....	198
15.4 语义分析.....	201
15.4.1 在语法规则中编码语义结构.....	202
15.4.2 将语法结构编码进词典.....	205
15.5 语境分析.....	207
小结.....	208
习题.....	208
第 16 章 基于语料库的自然语言理解	211
16.1 基于概率分布的语言模型.....	211
16.2 基于上下文信息的语言建模.....	212
16.2.1 基于随机过程理论的模型构造.....	213
16.2.2 基于信息论最大熵方法的模型构造.....	214
16.3 基于组合思想的语言建模.....	215
16.3.1 利用插值法构造新的模型.....	215
16.3.2 利用加权方法构造新的模型.....	215

16.4 语言模型的相关问题	216
16.4.1 语言模型参数的确定	216
16.4.2 数据稀疏问题的解决	216
16.4.3 语言模型的性能分析	216
小结	217
习题	217
第 17 章 计算机视觉	218
17.1 图像的产生	218
17.1.1 二维图像的获取	218
17.1.2 立体成像	219
17.2 图像的处理	220
17.2.1 图像的边缘检测	220
17.2.2 分割	221
17.3 图像的描述	222
17.3.1 边缘距离的计算	222
17.3.2 表面方向的计算	223
17.4 视觉的知识表示	227
17.4.1 视觉信息的语义网络表示	227
17.4.2 位置网络	228
17.5 物体形状的分析与识别	229
17.5.1 复杂形状物体的表示	229
17.5.2 物体形状识别方法	232
小结	234
习题	234
第 18 章 语音处理	235
18.1 组成单词读音的基本单元	235
18.2 信号处理	236
18.3 语音识别的隐 Markov 模型	238
小结	243
习题	244

第五篇 分布式人工智能

第 19 章 概述	245
19.1 什么是分布式人工智能	245
19.1.1 起源	245
19.1.2 分布式人工智能的特点	246
19.1.3 分布式人工智能的分类	246
19.1.4 分布式人工智能系统的研究发展	246

19.2 分布式问题求解·····	247
19.2.1 分布式问题求解的概述·····	247
19.2.2 分布式问题的求解过程与方法·····	247
第 20 章 Agent 技术 ·····	249
20.1 Agent 的基本结构 ·····	249
20.1.1 什么是 Agent ·····	249
20.1.2 Agent 的基本结构 ·····	250
20.1.3 Agent 的结构分类 ·····	251
20.2 Agent 通信 ·····	253
20.2.1 Agent 间的协作与通信 ·····	253
20.2.2 交谈的规划与实现·····	254
20.2.3 Agent 系统的通信语言 ·····	256
20.3 多 Agent 系统·····	257
20.3.1 多 Agent 系统的基本模型·····	257
20.3.2 多 Agent 系统的体系结构·····	258
20.3.3 多 Agent 系统的协作、协商与协调 ·····	262
20.3.4 多 Agent 系统的学习与规划·····	264
20.3.5 多 Agent 系统的应用 ·····	265
小结·····	266
习题·····	266

第六篇 人工智能的应用

第 21 章 汉语自然语言处理 ·····	268
21.1 语音识别中的音字转换技术·····	268
21.1.1 汉语声音语句输入的特点·····	268
21.1.2 汉语声音语句输入系统的结构·····	269
21.1.3 汉语声音语句输入的实现·····	270
21.2 汉语自动文摘技术·····	271
21.2.1 自动文摘系统的构成·····	271
21.2.2 文本的内部表示方法·····	272
21.2.3 基于浅层分析的文摘技术·····	272
21.2.4 基于实体分析的文摘技术·····	273
21.2.5 基于话语结构的文摘技术·····	274
21.3 信息检索技术·····	276
21.3.1 信息检索的定义与术语·····	276
21.3.2 信息检索系统的构成·····	277
21.3.3 信息检索的统计模型·····	277
第 22 章 光学字符识别技术 ·····	280

22.1	印刷体文字识别系统的构成	280
22.2	汉字图像预处理技术	281
22.2.1	二值化	281
22.2.2	版面分析	282
22.2.3	倾斜自动测量	282
22.2.4	版面切分	282
22.2.5	行、字分割	283
22.2.6	细化和规范化	283
22.3	汉字笔段特征抽取与识别	283
22.3.1	笔段特征抽取的方法	284
22.3.2	汉字笔画的分类	284
22.3.3	汉字笔画的方向编码	285
22.3.4	汉字笔画方向码合并处理及笔画识别	286
22.3.5	汉字笔画间特征量的定义	286
22.3.6	基于整字匹配的汉字识别	287
第 23 章	移动 Agent 技术	289
23.1	移动 Agent 系统结构及其关键技术	289
23.1.1	移动 Agent 系统结构	289
23.1.2	移动 Agent 系统的关键技术	290
23.1.3	典型的 Agent 系统	291
23.1.4	移动 Agent 的开发	292
23.2	移动 Agent 在电子商务中的应用	292
23.2.1	电子商务系统模型 B-CISOM	292
23.2.2	基于移动 Agent 的协作信息中间件 CISOM	292
23.2.3	CISOM 的设计与实现	293
23.2.4	基于 CISOM 的 B2B 协作电子商务系统 B-CISOM	294
23.3	移动 Agent 在信息安全中的应用	295
23.3.1	入侵检测系统 IDS	295
23.3.2	传统的入侵检测系统	295
23.3.3	基于移动 Agent 的分布式入侵检测模型	296
23.3.4	NIABDIDS 实现的关键技术及解决方案	298
23.4	移动 Agent 在信息服务中的应用	299
23.4.1	基于移动 Agent 的 Web 服务	299
23.4.2	信息搜索工作流程	299
	小结	300

第七篇 人工智能的现在与未来

第 24 章	对人工智能的思考	301
--------	----------	-----

24.1 专家系统对知识的滥用..... 301

24.2 强人工智能与弱人工智能..... 303

24.3 人工智能的极限..... 304

参考文献..... 306

高级推理技术

第一篇

第 1 章 传统的推理技术

推理能力是人类智能的重要组成部分,推理方法的研究源远流长,早在古希腊时代亚里士多德就提出了三段论,经过 G. 弗雷格、B. 罗素和莱布尼茨等人的发展,在计算机诞生之前,传统的推理技术就已经十分成熟。

传统的推理技术包括命题逻辑和谓词逻辑,其推理的结果只有两个,要么是“是”,要么是“否”,这与人类推理中的“可能”与“大概”相差很远。

专家系统是以传统的推理技术为基础,并能够模拟人类思维中的模糊性,是高级的推理技术。本章回顾了命题逻辑和谓词逻辑的基本概念的推理方法,并以此为基础,给出正反向推理的程序流程图,为高级推理技术打下基础。

1.1 命题逻辑与谓词逻辑概论

1.1.1 命题逻辑

1. 什么是命题

命题是具有真假意义的一句话。

例如:“雪是黑色的”,“北京是中华人民共和国的首都”,“今天下雨”。

命题是有真假之分的,真和假称为命题的真值。当命题为真命题时,其真值为真,记为 T;当命题为假命题时,其真值为假,记为 F。命题“雪是黑色的”,真值为假;命题“北京是中华人民共和国的首都”,真值为真;命题“今天下雨”,则要看当天的实际情况来确定其真值。

在命题逻辑中,命题通常用大写的英文字母表示,如用 P 表示“雪是黑色的”。命题的真值也可以用 0、1 来记,0 表示真值为假,1 表示真值为真。设有命题 A, $f(A)$ 表示 A 的真值,则有

$$f(A) = \begin{cases} 1, & \text{命题 A 为真} \\ 0, & \text{命题 A 为假} \end{cases}$$

命题可以分为原子命题和复合命题,原子命题是不可再分解的命题,复合命题是用联结词将原子命题联结起来的命题。复合命题中,联结词起着关键的作用。

2. 联结词

设 P、Q 是命题,常用的联结词如下:

- (1) 否定 $\neg$ 如: $\neg P$;
 - (2) 合取 $\wedge$ 如: $P \wedge Q$;
 - (3) 析取 $\vee$ 如: $P \vee Q$;
 - (4) 条件 $\rightarrow$ 如: $P \rightarrow Q$, 如果 P, 当且仅当 P 的真值为 T, Q 的真值为 F 时, $P \rightarrow Q$ 的真值为 F;
 - (5) 双条件 $\leftrightarrow$ 如: $P \leftrightarrow Q$, 如果 P, 当且仅当 Q 的真值为 T, 当且仅当 P、Q 的真值相同。
- 上述五种命题联结词的真值表如表 1-1 所示。

表 1-1 复合命题 $P \rightarrow Q$ 的真值表

P	Q	$\neg P$	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \rightarrow Q$	$P \leftrightarrow Q$
T	T	F	T	T	T	T
T	F	F	F	T	F	F
F	T	T	F	T	T	F
F	F	T	F	F	T	T

3. 等价与蕴含

1) 等价

对于两个命题公式 A、B, 设 $P_1, P_2, \dots, P_n$ 为出现于 A、B 中的所有变元, 若对于任何一组真值 $P_1, P_2, \dots, P_n$, A 和 B 的真值都相同, 则称 A 和 B 等价, 记为 $A \leftrightarrow B$ 。

例 1-1 求证: $P \leftrightarrow Q \Leftrightarrow (P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P)$ 。

证明: 列出命题 $P \leftrightarrow Q$ 和命题 $(P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P)$ 的真值表, 如表 1-2 所列。

表 1-2 真值表法证明命题等价

P	Q	$P \leftrightarrow Q$	$(P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P)$
F	F	T	T
F	T	F	F
T	F	F	F
T	T	T	T

从真值表看出, 对于 P、Q 真值的各种组合 (共四种), 命题 $P \leftrightarrow Q$ 和命题 $(P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P)$ 的真值相同, 因此证明了 $P \leftrightarrow Q \Leftrightarrow (P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P)$ 。

2) 蕴含

当且仅当 $P \rightarrow Q$ 是永真式时, 称 P 蕴含 Q, 记为 $P \Rightarrow Q$

例 1-2 求证: $\neg Q \wedge (P \rightarrow Q) \Rightarrow \neg P$ 。

证明: 列出复合命题 $\neg Q \wedge (P \rightarrow Q)$ 和 $\neg P$ 的真值表, 如表 1-3 所列。