



高等学校计算机规划教材

人工智能

■ 党建武 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

人 工 智 能

党建武 王阳萍 翟凤文 陈 永 编著

電 子 工 業 出 版 社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了人工智能的基本原理、方法及应用技术,比较全面地反映了国内外人工智能研究领域的最新进展和发展方向。全书共分为11章,除第1章人工智能概述外,其余内容划分为四大部分。第一部分为人工智能基础理论部分,包括第2、3、4章的知识表示、确定性推理和搜索部分。第二部分为人工智能经典理论中的高级部分,包括第5章知识的不确定性与不确定推理和第6章的智能算法。第三部分为人工智能的重要研究领域,包括第7章的分布式人工智能、第8章的机器学习和第9章的专家系统。第四部分为人工智能应用部分,包括第10章的人工智能设计语言和第11章的人工智能的应用举例。

本书结合了大量前沿知识和新颖应用实例,力求做到内容新颖、通俗易懂。可作为高等学校计算机、自动化、通信、电子信息、信息管理、智能科学技术及其他相关学科专业的高年级本科生和研究生教材,也可供从事相关领域研究、开发和应用的科技人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能 / 党建武等编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.5

ISBN 978-7-121-16571-9

I. ①人… II. ①党… III. ①人工智能—高等学校—教材 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 048812 号

责任编辑: 董亚峰

印 刷:

涿州市京南印刷厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23 字数: 588 千字

印 次: 2012 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

人工智能作为一门研究机器智能的学科,其目的是使用人工的方法和技术,研制智能机器或智能系统,来模仿、延伸和扩展人的智能。因此,它是人类迈向信息社会、迎接知识经济挑战所必须具备的一项核心技术。目前世界各国对人工智能的研究都十分重视,纷纷投入大量的人力、物力和财力,激烈争夺这一高新技术的制高点。

信息社会对智能的巨大需求是人工智能发展的强大动力。人工智能自 1956 年问世以来,已经取得了引人瞩目的成就,形成了专家系统、机器学习、智能决策支持系统等诸多研究和应用领域。尤其是近几年来,随着计算机网络、Internet、多媒体、分布式人工智能和开放分布式环境下的多智能体协同工作等计算机主流技术的兴起,人工智能又迎来了一个蓬勃发展的新时期。

由于人类对大脑的认识尚处于探索阶段,人类智能的奥秘还远未彻底揭示,因此研究人类智能的机理、用机器代替人脑,还任重而道远。

本书共 11 章,系统地介绍了人工智能的基本原理、方法及应用技术。第 1 章介绍人工智能的基本概念、研究领域、学派和最新发展趋势;第 2 章介绍知识表示的基本概念和各种确定性知识表示的方法,并给出示例;第 3 章讨论推理的基本概念及归结、演绎等确定性推理方法;第 4 章讨论搜索的基本概念和经典算法;第 5 章讨论不确定性推理的有关概念及各种不确定性的表示和推理方法;第 6 章介绍了经典智能算法,以增强本书的实用性;第 7 章简单介绍了 Agent、MAS 和移动 Agent 的有关概念,并引入了元胞自动机和细胞膜计算两种分布式计算技术;第 8 章讨论机器学习的有关概念和学习方法,从机器学习的基本问题着手,介绍了机器学习的基本过程,并简要介绍了机器学习中最常见的若干算法;第 9 章讨论专家系统的基本概念、结构、类别、应用和设计;第 10 章为新增章节,简要介绍了人工智能程序设计语言 LISP 和 Prolog;第 11 章为人工智能的应用部分。

本书可作为高等学校计算机、自动化、自动控制、电气工程、通信工程、电子信息工程及系统工程等专业的研究生和本科生的必修教材或教学参考书,也可作为其他专业的师生以及科研人员的参考书。

本书是在多年教学实践的基础上,参考国内外众多文献编写而成,由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有不足、不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2012 年 1 月

目 录

第 1 章 人工智能概述

1.1 人工智能的定义和研究目标	1
1.1.1 人工智能的定义	1
1.1.2 人工智能的研究目标	1
1.2 人工智能研究的基本内容及其特点	2
1.2.1 人工智能研究的基本内容	2
1.2.2 人工智能研究的特点	3
1.3 人工智能的基本技术	5
1.3.1 推理技术	5
1.3.2 搜索技术	5
1.3.3 知识表示与知识库技术	5
1.3.4 归纳技术	5
1.3.5 联想技术	6
1.4 人工智能的发展史	6
1.4.1 孕育期(1956 年以前)	6
1.4.2 形成期(1956—1970 年)	7
1.4.3 知识应用期(20 世纪 70 年代到 80 年代末)	9
1.4.4 综合集成期(20 世纪 80 年代末至今)	11
1.5 人工智能的研究与应用领域	11
1.6 人工智能研究的不同学派及其争论	16
1.6.1 人工智能的三大学派	16
1.6.2 人工智能理论的争论	18
1.6.3 人工智能研究方法的争论	18
1.7 人工智能进展	19
1.7.1 人工智能发展面临的困难	19
1.7.2 人工智能与云计算	19
1.7.3 人工智能与物联网	21
1.7.4 人工智能发展的新趋势	23
习题一	23

第 2 章 知识表示

2.1 一阶谓词逻辑表示法	24
2.1.1 一阶谓词逻辑表示法	24
2.1.2 一阶谓词逻辑表示法的特点	30

2.1.3 一阶谓词表示法的应用举例	32
2.2 产生式表示法	34
2.2.1 产生式与产生式系统	34
2.2.2 产生式系统的分类及其特点	38
2.2.3 产生式表示法应用举例	41
2.3 框架表示	43
2.3.1 框架与框架网络	43
2.3.2 框架的推理及其特点	49
2.4 语义网络表示法	52
2.4.1 语义网络	52
2.4.2 语义网络的推理及其特点	58
2.5 面向对象表示法	61
2.5.1 面向对象的知识表示	61
2.5.2 面向对象知识表示法的特点	64
习题二	66
第3章 经典逻辑推理	
3.1 推理的基本概念	68
3.1.1 推理方式及其分类	68
3.1.2 推理的控制策略	70
3.1.3 模式匹配及其变量代换	73
3.2 自然演绎推理	76
3.3 归结演绎推理	77
3.3.1 谓词公式化为子句集的方法	77
3.3.2 海伯伦理论	79
3.3.3 鲁宾逊归结原理	80
3.3.4 归结反演	83
3.3.5 基于归结反演的问题求解	84
3.3.6 归结反演策略	86
3.4 与/或形的演绎推理	90
3.4.1 与/或形的正向演绎推理	90
3.4.2 与/或形的逆向演绎推理	93
3.4.3 代换的一致性与剪枝策略	95
习题三	96
第4章 搜索策略	
4.1 问题求解过程的形式表示	100
4.1.1 状态空间表示法	100
4.1.2 与/或树表示法	102
4.2 状态空间的盲目搜索策略	104
4.2.1 宽度优先搜索	105

4.2.2	深度优先搜索	106
4.2.3	有界深度优先搜索	107
4.2.4	代价树的宽度优先搜索	108
4.2.5	代价树的深度优先搜索	109
4.3	状态空间的启发式搜索策略	110
4.3.1	估价函数与择优搜索	110
4.3.2	图的有序搜索与 A^* 算法	112
4.3.3	A^* 算法应用举例	116
4.4	与/或树的搜索策略	118
4.4.1	与/或树的宽度优先搜索	119
4.4.2	与/或树的有界深度优先搜索	120
4.4.3	与/或树的有序搜索	121
4.4.4	博弈树的启发式搜索	124
4.5	搜索性能的量度	127
习题四		128
第 5 章 知识的不确定性与不确定推理		
5.1	知识的不确定性	133
5.1.1	证据的不确定性	133
5.1.2	规则的不确定性	134
5.1.3	推理的不确定性	135
5.2	不确定推理的概率基础	136
5.3	确定性理论	137
5.3.1	可信度的概念	137
5.3.2	C-F 模型	138
5.3.3	带加权因子的可信度推理	142
5.4	主观 Bayes 方法	144
5.4.1	知识不确定性的表示	144
5.4.2	证据不确定性的表示	146
5.4.3	组合证据不确定性的计算	147
5.4.4	不确定性的更新	147
5.4.5	结论不确定性的合成	149
5.5	证据理论	151
5.5.1	D-S 理论的形式描述	152
5.5.2	证据理论的推理模型	156
5.6	可能性理论和模糊推理	162
5.6.1	模糊逻辑基础	162
5.6.2	模糊知识表示	167
5.6.3	模糊概念的匹配	169
5.6.4	模糊推理	170

5.7 非单调推理	174
习题五	175
第 6 章 智能算法	
6.1 爬山法	178
6.1.1 爬山法的基本思想	178
6.1.2 爬山法算法流程	178
6.1.3 爬山法应用举例	179
6.1.4 爬山法的特点	179
6.1.5 爬山法存在的问题	179
6.2 模拟退火算法	180
6.2.1 模拟退火算法的基本思想	180
6.2.2 模拟退火算法流程	180
6.2.3 模拟退火算法应用举例	181
6.2.4 模拟退火算法的特点	182
6.3 禁忌搜索算法	182
6.3.1 禁忌搜索算法的基本思想	182
6.3.2 影响禁忌搜索算法性能的关键因素	183
6.3.3 禁忌搜索算法流程	187
6.3.4 禁忌搜索应用举例	188
6.3.5 禁忌搜索算法的特点	192
6.4 蚁群算法	193
6.4.1 蚁群觅食行为的启示	193
6.4.2 蚁群算法的基本思想	193
6.4.3 蚁群算法流程	194
6.4.4 蚁群算法的特点	196
6.5 粒子群算法	197
6.5.1 鸟群飞行方式的启示	197
6.5.2 粒子群算法的基本思想	197
6.5.3 粒子群算法流程	199
6.5.4 粒子群算法的应用举例	199
6.5.5 粒子群算法的特点	200
6.6 遗传算法	200
6.6.1 遗传算法的基本思想	201
6.6.2 遗传算法流程	203
6.6.3 遗传算法应用举例	203
6.6.4 遗传算法的特点	204
6.7 小结	205
习题六	206

第 7 章 分布式人工智能

7.1 分布式人工智能概述	207
7.1.1 分布式人工智能的定义	207
7.1.2 分布式人工智能的分类	207
7.2 Agent 技术	208
7.2.1 Agent 简介	208
7.2.2 移动 Agent 技术	210
7.3 多 Agent 系统	212
7.3.1 MAS 的概念及特性	212
7.3.2 与 MAS 有关的问题	212
7.3.3 MAS 通信	214
7.4 细胞膜计算技术	216
7.4.1 细胞膜计算的基本情况	216
7.4.2 细胞膜的化学组成和结构	216
7.4.3 细胞膜计算的基本概念	219
7.4.4 细胞膜计算应用举例	220
7.5 元胞自动机技术	222
7.5.1 自动机简介	222
7.5.2 元胞自动机的定义	223
7.5.3 元胞自动机的构成	224
7.5.4 元胞自动机的特征	226
7.5.5 经典元胞自动机模型	227
7.6 小结	231
习题七	232

第 8 章 机器学习

8.1 机器学习的基本过程	233
8.1.1 机器学习的定义	233
8.1.2 西洋跳棋游戏	234
8.1.3 西洋跳棋程序学习目标的确定	234
8.1.4 西洋跳棋程序的具体学习过程	235
8.1.5 机器学习的基本过程	236
8.2 决策树学习	236
8.2.1 决策树学习方法简介	236
8.2.2 信息增益	237
8.2.3 基本的决策树学习算法——ID3 算法	239
8.2.4 ID3 算法举例	240
8.2.5 决策树学习算法的特点	244
8.3 人工神经网络学习	244
8.3.1 生物神经元	244

8.3.2	人工神经元	245
8.3.3	布尔函数的神经元实现	246
8.3.4	神经网络学习机制	250
8.3.5	前馈型 BP 网络	255
8.3.6	反馈型 Hopfield 网络	261
8.3.7	Kohonen 自组织网络	265
8.4	马尔可夫模型	268
8.4.1	马尔可夫模型简介	268
8.4.2	基于马尔可夫性质的学习法简介	269
8.4.3	基于马尔可夫性质的学习法应用举例	270
8.4.4	基于马尔可夫性质的学习法的适用问题	273
8.5	贝叶斯学习法	273
8.5.1	贝叶斯学习法的基本思想	273
8.5.2	朴素贝叶斯分类器	275
8.5.3	基于参数估计的贝叶斯分类方法	277
8.5.4	贝叶斯方法的特点	282
8.6	基于实例的学习	282
8.6.1	K-近邻分类法	282
8.6.2	距离加权最近邻算法	283
8.6.3	局部加权回归	284
8.6.4	径向基函数	285
8.6.5	基于实例的学习方法的特点	286
8.7	小结	286
	习题八	287

第 9 章 专家系统

9.1	专家系统的概念	288
9.1.1	什么是专家系统	288
9.1.2	专家系统的特点	289
9.1.3	专家系统的类型	289
9.1.4	专家系统与知识系统	290
9.1.5	专家系统与知识工程	290
9.1.6	专家系统与人工智能	291
9.2	专家系统的结构	291
9.2.1	概念结构	291
9.2.2	实际结构	292
9.2.3	分布式结构	293
9.2.4	黑板模型	294
9.3	专家系统的应用与发展概况	295
9.3.1	专家系统的意义	295

9.3.2 专家系统的应用	295
9.3.3 专家系统的发展概况	296
9.4 专家系统设计与实现	300
9.4.1 一般步骤与方法	300
9.4.2 快速原型与增量式开发	301
9.4.3 知识获取	301
9.4.4 知识表示与知识描述语言设计	302
9.4.5 知识库与知识库管理系统设计	302
9.4.6 推理机与解释功能设计	304
9.4.7 系统结构设计	305
9.4.8 人机界面设计	305
9.5 专家系统开发工具与环境	306
9.5.1 专家系统开发工具	306
9.5.2 专家系统开发环境	308
9.6 新一代专家系统研究	309
9.6.1 深层知识专家系统	309
9.6.2 模糊专家系统	309
9.6.3 神经网络专家系统	309
9.6.4 大型协同分布式专家系统	310
9.6.5 网上(多媒体)专家系统	310
9.6.6 事务处理专家系统	310
9.7 小结	311
习题九	311
第 10 章 人工智能程序设计语言	
10.1 LISP 语言	313
10.1.1 Scheme 语言的基本概念	314
10.1.2 Scheme 语言的数据类型	315
10.1.3 Scheme 语言的过程定义	322
10.1.4 Scheme 语言的常用控制结构	323
10.2 Prolog 语言	327
10.2.1 Prolog 语言及其基本结构	327
10.2.2 Prolog 程序的简单例子	328
10.3 Prolog 语言的常用版本	330
10.4 小结	331
习题十	331
第 11 章 人工智能应用举例	
11.1 专家系统实例	332
11.1.1 PROSPECTOR 的功能与结构	332
11.1.2 知识表示	333

11.1.3	控制策略·····	337
11.1.4	解释系统·····	338
11.2	智能算法运行与“云端”的设想·····	339
11.2.1	并行计算到云计算的演变·····	339
11.2.2	云计算智能与 Monte Carlo 方法·····	339
11.2.3	模拟谐振子算法·····	341
11.2.4	云计算系统与智能算法·····	346
11.3	元胞自动机在城市交通流中的应用·····	347
11.3.1	快速公交系统简介·····	347
11.3.2	兰州快速公交模型建立·····	347
11.3.3	数值模拟与仿真分析·····	348
参考文献 ·····		353

第 1 章 人工智能概述

1.1 人工智能的定义和研究目标

1.1.1 人工智能的定义

人工智能就是人造智能,其英文表示是“Artificial Intelligence”,简称 AI。当然,这只是人工智能的字面解释或广义解释。在人工智能的发展过程中,具有不同学科背景的人工智能学者对它有着不同的理解,综合各种不同的人工智能观点,可以从“能力”和“学科”两个方面对人工智能进行定义。从能力的角度来看,人工智能是指用人工的方法在机器(计算机)上实现的智能;从学科的角度来看,人工智能是指一门研究如何构造智能机器或智能系统,使它能模拟、延伸和扩展人类智能的学科。

人工智能的研究不仅涉及计算机科学,而且还涉及脑科学、神经生理学、心理学、语言学、逻辑学、认知(思维)科学、行为科学、生命科学和数学,以及信息论、控制论和系统论等许多学科领域。实际上人工智能是一门综合性的交叉学科和边缘学科。

要研究人工智能,当然要涉及什么是智能的问题,但这却是一个难以回答的问题。因为关于智能,至今还没有一个确切的公认的定义。这是由于智能是脑特别是人脑的属性或者说产物,但人脑的奥秘至今还未完全揭开。从系统的观点来看,人脑是一个复杂的、开放的、动态的巨大系统。它的内部结构和工作机理,至今人们还未完全清楚。所以,这就导致人们对于智能有多种理解。例如,有人说智能的基础是知识,有人说智能的关键是思维,还有人说智能取决于感知和行为,认为智能是在系统与周围环境不断“刺激—反应”的交互中发展和进化的。我们认为,从内涵来讲,智能应当是知识+思维;从外延来讲,智能就是发现规律、运用规律的能力和分析问题、解决问题的能力。

1.1.2 人工智能的研究目标

关于人工智能的研究目标,目前还没有一个统一的说法。1978 年,索罗门(A. Sloman)对人工智能给出了三个主要目标:

- (1) 对智能行为有效解释的理论分析。
- (2) 解释人类智能。
- (3) 构造智能的人工制品。

人工智能的研究目标可分为远期目标和近期目标。远期目标是要制造智能机器。具体来讲,就是要使计算机具有看、听、说、写等感知和交互功能,具有联想、推理、理解、学习等高

级思维能力,还要有分析问题、解决问题和发明创造的能力。简而言之,也就是使计算机像人一样具有自动发现规律和利用规律的能力,或具有自动获取知识和利用知识的能力,从而扩展和延伸人的智能。

人工智能研究的近期目标是实现机器智能,即研究如何使现有的计算机更聪明,使它能够运用知识去处理问题、能够模拟人类的智能行为,如推理、思考、分析、决策、预测、理解、规划、设计和学习等。为了实现这一目标,人们需要根据现有计算机的特点,研究实现智能的有关理论、方法和技术,建立相应的智能系统。

实际上,人工智能的远期目标与近期目标是相互依存的。远期目标为近期目标指明了方向,而近期目标则为远期目标奠定了理论和技术基础。同时,近期目标和远期目标之间并无严格界限,近期目标会随人工智能研究的发展而变化,最终达到远期目标。

1.2 人工智能研究的基本内容及其特点

1.2.1 人工智能研究的基本内容

关于人工智能的研究内容,各种不同学派、不同研究领域,以及人工智能发展的不同时期,对其有着一些不同的看法。下面根据人工智能的现状,给出几个对于实现人工智能系统来说具有一般意义的基本内容。

1. 认知

所谓认知,可一般地认为是和情感、动机、意志相对应的理解或认识过程,或者说是为了在一定目的、在一定的心理结构中进行的信息加工过程。

美国心理学家浩斯顿(Houston)等人曾把对认知(Cognition)的看法归纳为以下 5 种主要类型:

- (1) 认知是信息的处理过程;
- (2) 认知是心理上的符号运算;
- (3) 认知是问题求解;
- (4) 认知是思维;

(5) 认知是一组相关的活动,如知觉、记忆、思维、判断、推理、问题求解、学习、想象、概念形成及语言使用等。

实际上人类的认知过程是非常复杂的,人们对其研究形成了认知科学(也称为思维科学)。因此,认知科学是研究人类感知和思维信息处理过程的一门学科,它包括从感觉的输入到复杂问题的求解,从人类个体智能到人类社会智能的活动,以及人类智能和机器智能的性质;其主要研究目的就是要说明和解释人类在完成认知活动时是如何进行信息加工的。

认知科学是人工智能的重要理论基础,对人工智能发展起着根本性的作用。认知科学涉及的问题非常广泛,除了像浩斯顿提出的知觉、语言、学习、记忆、思维、问题求解、创造、注意、想象等相关联活动外,还会受到环境、社会、文化背景等方面的影响。从认知观点来看,人工智能不能仅限于逻辑思维的研究,还必须深入开展对形象思维和灵感思维的研究。只有这样,才能使人工智能具有更坚实的理论基础,才能为智能计算机系统的研制提供更新的

思想,创造更新的途径。

2. 机器感知

所谓机器感知,就是要让计算机具有类似于人的感知能力,如视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉。在这些感知能力中,目前研究较多、较为成功的是机器视觉(也称为计算机视觉)和机器听觉(也称为计算机听觉)。计算机视觉就是给计算机配上能看的视觉器官,如摄像机等,使它可以识别并理解文字、图像、景物等;计算机听觉就是给计算机配上能听的听觉器官,如话筒等,使计算机能够识别并理解语言、声音等。

机器感知是计算机智能系统获取外部信息的最主要途径,也是机器智能不可缺少的重要组成部分。对计算机视觉与听觉的研究,目前已在人工智能中形成了一些专门的研究领域。如计算机视觉、模式识别、自然语言理解等。

3. 机器思维

所谓机器思维,就是让计算机能够对感知到的外界信息和自己产生的内部信息进行思维性加工,是机器智能的重要组成部分。由于人类的思维功能包括逻辑思维、形象思维和灵感思维,因此机器思维的研究也应该包括这几个方面。为了实现机器的思维功能,需要在知识的表示、组织和推理方法,各种启发式搜索及控制策略、神经网络、人脑结构及其工作原理等方面进行研究。

4. 机器学习

所谓机器学习,就是让计算机能像人那样自动地获取新知识,并在实践中不断地自我完善和增强能力。机器学习是机器具有智能的根本途径,也是人工智能研究的核心问题之一。目前,人类根据对学习的已有认识,已经研究出了不少机器学习方法,如机械学习、类比学习、归纳学习、发现学习、遗传学习和连接学习等。

5. 机器行为

所谓机器行为,就是让计算机能够具有像人那样的行动和表达能力,如走、跑、拿、说、唱、写、画等。如果把机器感知看做智能系统的输入部分,那么机器行为则可看做智能系统的输出部分。机器人学作为人工智能的一个研究领域,包含机器行为方面的研究。

6. 智能系统与智能计算机

无论是人工智能的近期目标还是远期目标,都需要建立智能系统或构造智能机器,都要开展对系统模型、构造技术、构造工具及语言环境等方向的研究。

1.2.2 人工智能研究的特点

目前的计算机系统仍未彻底突破传统的冯·诺依曼结构,这种二进制表示的集中串行工作方式具有较强的逻辑运算功能和极快的算术运算速度,但与人脑的组织结构和思维功能有很大差别。研究表明,人脑大约有 10^{11} 个神经元,按并行分布式方式工作,具有较强的演绎、推理、联想、学习功能和形象思维能力。例如,对图像、图形、景物等,人类可凭直觉、视觉,通过视网膜、脑神经对其进行快速响应与处理,而传统计算机都显得非常迟钝,甚至连个会说话的小孩都不如。

如何缩小这种差距呢?要靠人工智能技术。从长远观点来看,需要彻底改变冯·诺依曼计算机的体系结构,研制智能计算机。但从目前条件看,还主要靠智能程序系统来提高计算机的智能化程度。智能程序系统和传统的程序系统相比,具有以下几个主要特点。

1. 重视知识(Knowledge)

知识是一切智能系统的基础,任何智能系统的活动过程都是一个获取知识和运用知识的过程,而要获取和运用知识,首先应该能够对知识进行表示。所谓知识表示就是用某约定的方式对知识进行描述。在知识表示方面目前有两种基本观点:一种是叙述性知识表示观点,另一种是过程性知识表示观点。叙述性知识表示观点是将知识的表示与知识的运用分开处理,在知识表示时不涉及如何运用知识的问题;过程性知识表示观点是将知识的表示与知识的运用结合起来,知识就包含在程序之中。两种观点各有利弊,目前人工智能程序采用较多的是叙述性观点。当然,也可根据具体问题的性质而定。

2. 重视推理(Reasoning)

所谓推理就是根据已有知识运用某种策略推出新知识的过程。事实上,一个智能系统仅有知识是不够的,它还必须具有思维能力,即能够运用知识进行推理和解决问题。人工智能中的推理方法主要有经典逻辑推理、不确定性推理和非单调性推理。

3. 采用启发式(Heuristics)搜索

所谓搜索就是根据问题的现状不断寻找可利用的知识,使问题能够得以解决的过程。人工智能中的搜索分为盲目搜索和启发式搜索两种。盲目搜索是指仅按预定策略进行搜索,搜索中获得的信息不改变搜索过程的搜索方法。启发式搜索则是指能够利用搜索中获得的问题本身的一些特性信息(也称为启发信息)来指导搜索过程,使搜索朝着最有希望的方向前进。人工智能主要采用的是启发式搜索策略。

4. 采用数据驱动(Data Driven)方式

所谓数据驱动是指在系统处理的每一步,当考虑下一步该做什么时,需要根据此前所掌握的数据内容(也称为事实)来决定。与数据驱动方式对应的另一种方式是程序驱动(Program Driven),所谓程序驱动是指系统处理的每一步及下一步该做什么都是由程序事先预定好的。人类在解决问题时主要使用数据驱动方式,因此智能程序系统也应该使用数据驱动方式,这样会更接近于人类分析问题、解决问题的习惯。

5. 用人工智能语言建造系统

人工智能语言是一类适应于人工智能和知识工程领域的、具有符号处理和逻辑推理能力的计算机程序语言。它能够完成非数值计算、知识处理、推理、规划、决策等具有智能的各种复杂问题的求解。人工智能语言 and 传统程序设计语言相比,具有以下主要特点:

- (1) 具有回溯和非确定性推理功能;
- (2) 能够进行符号形式的知识信息处理;
- (3) 能够动态使用知识和动态分配存储空间;
- (4) 具有模式匹配和模式调用功能;
- (5) 具有并行处理和并行分布式处理功能;
- (6) 具有信息隐蔽、抽象数据类型、继承、代码共享及软件重用等面向对象特征;
- (7) 具有解释推理过程的说明功能;
- (8) 具有自学习、自适应的开放式软件环境等。

人工智能语言可从总体上划分为通用型和专用型两种。通用型人工智能语言主要是指以 LISP 为代表的函数型语言、以 Prolog 为代表的逻辑型语言和以 C++等为代表的面向对象

语言。专用型人工智能语言主要是指那种由多种人工智能语言或过程语言相互结合而构成的,具有解决多种问题能力的专家系统开发工具和人工智能开发环境。

1.3 人工智能的基本技术

虽然人工智能还是一个正在探索和发展中的学科,到现在尚未形成一个完整的体系结构,但是就其目前各个分支领域的研究内容来看,人工智能的基本技术至少应包括以下内容。

1.3.1 推理技术

推理技术是人工智能的基本技术之一。需要指出的是,对推理的研究往往涉及对逻辑的研究。逻辑是人脑思维的规律,因而也是推理的理论基础。机器推理或人工智能用到的逻辑,主要包括经典逻辑中的谓词逻辑和由它经某种扩充、发展而来的各种逻辑。后者通常称为非经典或非标准逻辑。

1.3.2 搜索技术

搜索技术就是对推理进行引导和控制的技术,它也是人工智能的基本技术之一。事实上,许多智能活动的过程,甚至所有智能活动的过程,都可看做或抽象为一个“问题求解”过程。而所谓“问题求解”过程,实质上就是在显式的或隐式的问题空间中进行搜索的过程,即在某一状态图,或者与或图,或者某种逻辑网络上进行搜索的过程。搜索技术也是一种规划技术。因为对于有些问题,其解就是由搜索而得到的“路径”。搜索技术是人工智能中发展最早的技术。在人工智能研究的初期,“启发式”搜索算法曾一度是人工智能的核心课题。截至目前,对启发式搜索的研究,人们已取得了不少成果。如著名的 A^* 算法和 A^* 算法就是两个重要的启发式搜索算法。至今,启发式搜索仍然是人工智能的重要研究课题之一。

1.3.3 知识表示与知识库技术

知识表示是指知识在计算机中的表示方法和表示形式,它涉及知识的逻辑结构和物理结构。知识库类似于数据库,所以知识库技术包括知识的组织、管理、维护、优化等技术。对知识库的操作要靠知识库管理系统的支持。显然,知识库与知识表示密切相关。

需说明的是,知识表示实际也隐含着知识的运用,知识表示和知识库是知识运用的基础,同时也与知识的获取密切相关。

1.3.4 归纳技术

所谓归纳技术,是指机器自动提取概念、抽取知识、寻找规律的技术。显然,归纳技术与知识获取及机器学习密切相关,因此,它也是人工智能的重要基本技术。归纳可分为基于符号处理的归纳和基于神经网络的归纳,这两种途径目前都有很大发展。