



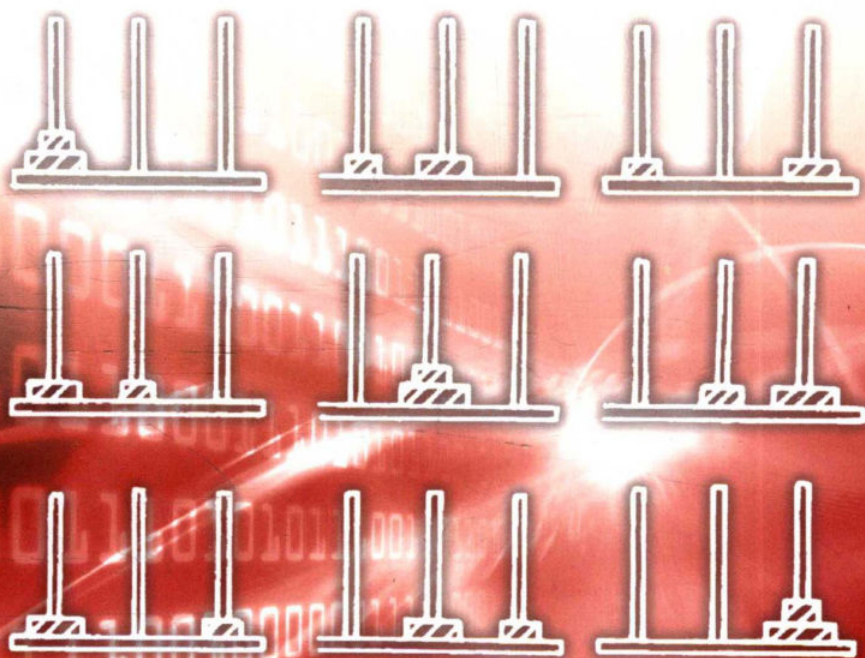
高等学校电子信息类规划教材



普通高等教育电子信息类专业“十三五”规划教材

# 人工智能原理与方法 (修订版)

王永庆 编著



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



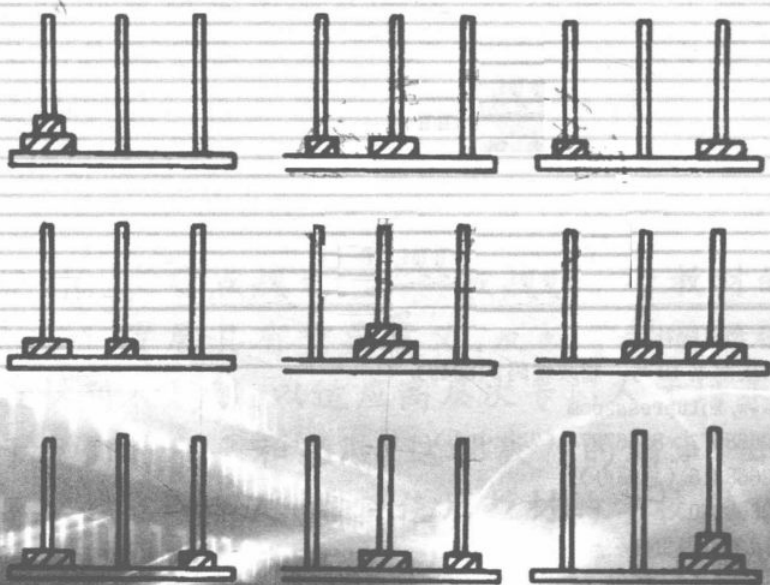
高等学校电子信息类规划教材



普通高等教育电子信息类专业“十三五”规划教材

# 人工智能原理与方法 (修订版)

王永庆 编著



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

## 内 容 简 介

本书较全面地介绍了人工智能的基本理论、方法及其应用技术。全书共 12 章,可分为三大部分:第一部分包括第 1 章至第 6 章,论述了人工智能的三大技术,即知识表示、推理及搜索,重点讨论了不确定性的表示及处理技术;第二部分包括第 7 章至第 10 章,着重讨论了专家系统、机器学习、模式识别及智能决策支持系统等研究领域的有关概念及系统构成技术;第三部分包括第 11 章和第 12 章,分别讨论了神经网络和智能计算机的概念、模型、研究现状及展望等。

该书取材新颖,具有系统性、新颖性、实用性及可读性等特点,便于教学和自学,适于作为计算机学科本科生及研究生的教科书,亦可供有关科技人员参考。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

人工智能原理与方法/王永庆编著. —西安:西安交通大学出版社, 1998. 5 (2018. 8 重印)  
ISBN 978-7-5605-0934-1

I. ①人… II. ①王… III. ①人工智能 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 120136 号

---

书 名 人工智能原理与方法(修订版)  
编 著 王永庆  
策划编辑 曹晔  
责任编辑 曹晔

---

出版发行 西安交通大学出版社  
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)  
网 址 <http://www.xjtupress.com>  
电 话 (029) 82668357 82667874 (发行中心)  
(029) 82668315 (总编办)  
传 真 (029) 82668280  
印 刷 陕西奇彩印务有限责任公司

---

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 30 字数 727 千字  
版次印次 2018 年 8 月第 2 版 2018 年 8 月第 18 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5605-0934-1  
定 价 39.80 元

---

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线: (029) 82665248 (029) 82665249

投稿热线: (029) 82668525

读者信箱: [jd1gy@yahoo.cn](mailto:jd1gy@yahoo.cn)

版权所有 侵权必究

## 出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作,根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理法》,我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社、各专业教学指导委员会,在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上,根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求,编制了《1996~2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报,经各学校、出版社推荐,由各专业教学指导委员会评选,并由我部教材办与各专指委、出版社审核后确定的。本轮规划教材的编制,注意了将教学改革力度较大、有创新精神、特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需,尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时,选择了一批对学科发展具有重要意义,反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划,以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验,这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足,希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议,以不断提高教材的编写、出版质量,共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

# 前 言

本教材系按电子工业部的《1996~2000年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由全国高校计算机专业教学指导委员会编审、推荐出版。该书由马玉祥教授主审，李伯成教授为责任编辑。

人工智能自1956年作为一门新兴的前沿学科问世以来，已经取得了许多引人瞩目的成就，逐渐形成了诸如专家系统、机器学习、模式识别、自然语言理解、机器人学等多个研究领域。现在，各发达国家都把人工智能作为重点列入了本国的高科技发展计划，投入了巨大的人力与财力，并在智能计算机的研制方面形成了激烈竞争的局面。在这种形势下，作者曾于1994年编写出版了《人工智能》一书，被多所高等院校用作本科生及研究生教材，反映较好，3年内先后印刷两次，仍不能满足需要。为了适应教学、科研等日益发展的需求，作者在该书的基础上，吸收国内外最新的研究成果并结合自己的研究及教学实践，经修订及大量增加新内容，重新编写了《人工智能原理与方法》这本书，把它奉献给广大读者，愿它能对从事该学科研究及学习的人们有所启迪与帮助。

作者从事人工智能的教学及研究工作多年，深切体会到这一研究及教学的难度。这一方面是由于人工智能是一门涉及面较宽的综合性学科，与数学、计算机科学、思维科学、神经生理学、心理学等多种学科都有密切的联系，需要多方面的知识；另一方面是由于它是一门正在迅速发展着的学科，新的思想、新的理论以及新的方法不断涌现，新的研究成果不断充实着它的研究内容，尚未形成完整、成熟的理论体系，这除了对研究者提供了广阔的研究天地外，同时也要求他们要不断地学习，随时跟踪迅速发展的形势。鉴于这些情况，本书在选材、内容组织及描述等方面力求做到：

**系统性：**系统地介绍人工智能的基本理论、方法及实现技术。

**新颖性：**在介绍人工智能的传统理论及方法的同时，着眼于当前国内外的最新研究，使读者掌握当前提出的新理论、新方法，跟踪各研究领域发展的新趋势。

**实用性：**把理论与应用实践密切结合起来，既注重理论上的探讨，又注重理论在实践中的应用。本书结合当前国内外人工智能应用的实际情况，对不确定性的概念及其表示与处理方法做了较多的讨论，提供了多种处理方法。

**可读性：**鉴于人工智能涉及的面较宽，学习上有一定难度的情况，本书首先对有关的预备性知识进行了简要的讨论，为后继内容的学习作了铺垫；另外在内容的安排上努力做到由浅入深，前呼后应；在语言的表达方式上力求通俗易懂，尽量用实例说明抽象的概念与原理，便于理解；每一章的后面都附有小结与思考题，突出重点，便于教学与自学。

本书可作为大学本科人工智能课程的教科书，亦可作为研究生以及对人工智能有兴趣的科技、工程技术人员学习的参考书。

全书共分12章。第1章(绪论)介绍人工智能的基本概念，例如什么是人工智能，人工智

能的研究目标及方法等;第2章(人工智能的数学基础)介绍本书中用到的数学知识,如一阶谓词逻辑、多值逻辑、概率及模糊理论等;第3章(知识与知识表示)介绍知识的概念、特性及其表示方法;第4章(经典逻辑推理)介绍推理的基本概念以及运用经典逻辑进行的推理,如自然演绎推理、归结演绎推理等;第5章(不确定与非单调推理)介绍不确定性推理与非单调推理的概念、不确定性推理中需要解决的基本问题、不确定性的表示方法及处理方法等;第6章(搜索策略)介绍推理中的各种搜索策略,如盲目搜索及启发式搜索等;第7章(专家系统)、第8章(机器学习)、第9章(模式识别)及第10章(智能决策支持系统)分别介绍人工智能中各主要研究领域的有关概念及实现技术;第11章(神经网络)介绍神经网络的概念、主要模型及其在专家系统与模式识别中的应用;第12章(智能计算机)介绍智能计算机的概念以及当前研究的现状与展望。

李伯成教授、马玉祥教授在百忙中对全书进行了审阅,提出了许多宝贵意见,在此谨表示衷心的感谢。研究生罗文通、常欣编制并调试了附录中的程序,在此也表示感谢。

由于作者水平所限,书中疏漏与错误之处在所难免,恳请广大同行和读者指正。

王永庆

1997年9月

于西安交通大学

# 目 录

## 第1章 绪论

1.1 什么是人工智能 .....	(1)
1.1.1 智能 .....	(1)
1.1.2 人工智能 .....	(4)
1.1.3 人工智能的发展简史 .....	(5)
1.2 人工智能的研究目标及基本内容 .....	(8)
1.2.1 人工智能的研究目标 .....	(8)
1.2.2 人工智能研究的基本内容 .....	(9)
1.3 人工智能的研究途径 .....	(10)
1.3.1 以符号处理为核心的方法 .....	(10)
1.3.2 以网络连接为主的连接机制方法 .....	(11)
1.3.3 系统集成 .....	(11)
1.4 人工智能的研究领域 .....	(12)
1.4.1 专家系统 .....	(12)
1.4.2 机器学习 .....	(13)
1.4.3 模式识别 .....	(13)
1.4.4 自然语言理解 .....	(13)
1.4.5 自动定理证明 .....	(14)
1.4.6 自动程序设计 .....	(14)
1.4.7 机器人学 .....	(15)
1.4.8 博弈 .....	(16)
1.4.9 智能决策支持系统 .....	(16)
1.4.10 人工神经网络 .....	(16)
本章小结 .....	(16)
习 题 .....	(17)

## 第2章 人工智能的数学基础

2.1 命题逻辑与谓词逻辑 .....	(18)
2.1.1 命题 .....	(18)
2.1.2 谓词 .....	(19)
2.1.3 谓词公式 .....	(20)
2.1.4 谓词公式的解释 .....	(21)
2.1.5 谓词公式的永真性、可满足性、不可满足性 .....	(22)
2.1.6 谓词公式的等价性与永真蕴含 .....	(23)
2.2 多值逻辑 .....	(24)
2.3 概率论 .....	(26)
2.3.1 随机现象 .....	(26)

2.3.2	样本空间与随机事件	(27)
2.3.3	事件的概率	(29)
2.3.4	条件概率	(30)
2.3.5	全概率公式与 Bayes 公式	(30)
2.4	模糊理论	(31)
2.4.1	模糊性	(31)
2.4.2	集合与特征函数	(32)
2.4.3	模糊集与隶属函数	(32)
2.4.4	模糊集表示方法	(34)
2.4.5	模糊集的运算	(35)
2.4.6	模糊集的 $\lambda$ 水平截集	(37)
2.4.7	模糊度	(37)
2.4.8	模糊数	(39)
2.4.9	模糊关系及其合成	(41)
2.4.10	模糊变换	(43)
2.4.11	实数域上几种常用的隶属函数	(45)
2.4.12	建立隶属函数的方法	(47)
	本章小结	(50)
	习 题	(51)

### 第 3 章 知识与知识表示

3.1	基本概念	(53)
3.1.1	什么是知识	(53)
3.1.2	知识的特性	(54)
3.1.3	知识的分类	(55)
3.1.4	知识的表示	(56)
3.2	一阶谓词逻辑表示法	(58)
3.2.1	表示知识方法	(58)
3.2.2	一阶谓词逻辑表示法的特点	(62)
3.3	产生式表示法	(63)
3.3.1	产生式的基本形式	(64)
3.3.2	产生式系统	(65)
3.3.3	产生式系统的分类	(69)
3.3.4	产生式表示法的特点	(72)
3.4	框架表示法	(73)
3.4.1	框架理论	(73)
3.4.2	框架	(73)
3.4.3	框架网络	(76)
3.4.4	框架中槽的设置与组织	(80)
3.4.5	框架系统中求解问题的基本过程	(84)
3.4.6	框架表示法的特点	(85)
3.5	语义网络表示法	(86)
3.5.1	语义网络的概念	(86)
3.5.2	知识的语义网络表示	(87)

3.5.3	常用的语义联系	(93)
3.5.4	语义网络系统中求解问题的基本过程	(94)
3.5.5	语义网络表示法的特点	(95)
3.6	脚本表示法	(96)
3.6.1	概念依赖理论	(96)
3.6.2	脚本	(97)
3.7	过程表示法	(99)
3.7.1	表示知识方法	(99)
3.7.2	过程表示法的特点	(102)
3.8	Petri 网表示法	(102)
3.8.1	表示知识方法	(102)
3.8.2	Petri 网表示法的特点	(103)
3.9	面向对象表示法	(104)
3.9.1	面向对象的基本概念	(104)
3.9.2	表示知识方法	(106)
	本章小结	(107)
	习 题	(108)
<b>第 4 章 经典逻辑推理</b>		
4.1	基本概念	(111)
4.1.1	什么是推理	(111)
4.1.2	推理方式及其分类	(111)
4.1.3	推理的控制策略	(114)
4.1.4	模式匹配	(119)
4.1.5	冲突消解策略	(122)
4.2	自然演绎推理	(124)
4.3	归结演绎推理	(126)
4.3.1	子句	(126)
4.3.2	海伯伦理论	(128)
4.3.3	鲁宾逊归结原理	(129)
4.3.4	归结反演	(133)
4.3.5	应用归结原理求取问题的答案	(136)
4.3.6	归结策略	(138)
4.4	与/或形演绎推理	(143)
4.4.1	与/或形正向演绎推理	(143)
4.4.2	与/或形逆向演绎推理	(146)
4.4.3	与/或形双向演绎推理	(149)
4.4.4	代换的一致性及剪枝策略	(150)
	本章小结	(152)
	习 题	(152)
<b>第 5 章 不确定与非单调推理</b>		
5.1	基本概念	(156)
5.1.1	什么是不确定性推理	(156)
5.1.2	不确定性推理中的基本问题	(157)

5.1.3	不确定性推理方法的分类 .....	(159)
5.2	概率方法 .....	(160)
5.2.1	经典概率方法 .....	(160)
5.2.2	逆概率方法 .....	(160)
5.3	主观 Bayes 方法 .....	(162)
5.3.1	知识不确定性的表示 .....	(162)
5.3.2	证据不确定性的表示 .....	(163)
5.3.3	组合证据不确定性的算法 .....	(164)
5.3.4	不确定性的传递算法 .....	(164)
5.3.5	结论不确定性的合成算法 .....	(169)
5.4	可信度方法 .....	(171)
5.4.1	可信度的概念 .....	(171)
5.4.2	C-F 模型 .....	(172)
5.4.3	带有阈值限度的不确定性推理 .....	(176)
5.4.4	加权的确定性推理 .....	(178)
5.4.5	前提条件中带有可信度因子的不确定性推理 .....	(182)
5.5	证据理论 .....	(185)
5.5.1	D-S 理论 .....	(185)
5.5.2	一个具体的不确定性推理模型 .....	(190)
5.6	模糊推理 .....	(198)
5.6.1	模糊命题 .....	(198)
5.6.2	模糊知识的表示 .....	(199)
5.6.3	模糊匹配与冲突消解 .....	(200)
5.6.4	模糊推理的基本模式 .....	(207)
5.6.5	简单模糊推理 .....	(208)
5.6.6	模糊三段论推理 .....	(222)
5.6.7	多维模糊推理 .....	(224)
5.6.8	多重模糊推理 .....	(228)
5.6.9	带有可信度因子的模糊推理 .....	(232)
5.7	基于框架表示的不确定性推理 .....	(235)
5.7.1	不确定性知识的框架表示 .....	(235)
5.7.2	框架的不确定性匹配 .....	(236)
5.7.3	框架推理 .....	(238)
5.8	基于语义网络表示的不确定性推理 .....	(239)
5.8.1	不确定性知识的语义网络表示 .....	(240)
5.8.2	语义网络推理 .....	(241)
5.9	非单调推理 .....	(243)
5.9.1	非单调推理的概念 .....	(243)
5.9.2	缺省理论 .....	(244)
5.9.3	界限理论 .....	(247)
5.9.4	正确性维持系统 TMS .....	(248)
	本章小结 .....	(250)
	习 题 .....	(252)

## 第6章 搜索策略

6.1 基本概念 .....	(257)
6.1.1 什么是搜索 .....	(257)
6.1.2 状态空间表示法 .....	(257)
6.1.3 与/或树表示法 .....	(259)
6.2 状态空间的搜索策略 .....	(262)
6.2.1 状态空间的一般搜索过程 .....	(263)
6.2.2 广度优先搜索 .....	(265)
6.2.3 深度优先搜索 .....	(267)
6.2.4 有界深度优先搜索 .....	(268)
6.2.5 代价树的广度优先搜索 .....	(269)
6.2.6 代价树的深度优先搜索 .....	(271)
6.2.7 启发式搜索 .....	(272)
6.2.8 A*算法 .....	(276)
6.3 与/或树的搜索策略 .....	(279)
6.3.1 与/或树的一般搜索过程 .....	(279)
6.3.2 与/或树的广度优先搜索 .....	(280)
6.3.3 与/或树的深度优先搜索 .....	(282)
6.3.4 与/或树的有序搜索 .....	(282)
6.3.5 博弈树的启发式搜索 .....	(288)
6.3.6 $\alpha$ - $\beta$ 剪枝技术 .....	(290)
6.4 搜索的完备性与效率 .....	(292)
6.4.1 完备性 .....	(292)
6.4.2 搜索效率 .....	(292)
本章小结 .....	(293)
习 题 .....	(294)

## 第7章 专家系统

7.1 基本概念 .....	(297)
7.1.1 什么是专家系统 .....	(297)
7.1.2 专家系统的产生与发展 .....	(300)
7.1.3 专家系统的分类 .....	(301)
7.2 专家系统的一般结构 .....	(304)
7.2.1 人机接口 .....	(305)
7.2.2 知识获取机构 .....	(305)
7.2.3 知识库及其管理系统 .....	(305)
7.2.4 推理机 .....	(306)
7.2.5 数据库及其管理系统 .....	(306)
7.2.6 解释机构 .....	(306)
7.3 知识获取 .....	(307)
7.3.1 知识获取的任务 .....	(307)
7.3.2 知识获取方式 .....	(308)
7.4 知识的检测与求精 .....	(310)
7.4.1 知识的一致性与完整性 .....	(310)

7.4.2	基于经典逻辑的检测方法	(313)
7.4.3	基于 Petri 网的检测方法	(316)
7.4.4	知识求精	(317)
7.5	知识的组织与管理	(321)
7.5.1	知识的组织	(321)
7.5.2	知识的管理	(322)
7.6	专家系统的建造与评价	(323)
7.6.1	专家系统的建造原则	(324)
7.6.2	专家系统的开发过程	(325)
7.6.3	专家系统的评价	(329)
7.7	专家系统的开发工具	(330)
7.7.1	人工智能语言	(331)
7.7.2	专家系统外壳	(335)
7.7.3	通用型专家系统工具	(338)
7.7.4	专家系统开发环境	(339)
7.8	新一代专家系统的研究	(340)
7.9	专家系统举例	(341)
7.9.1	动物识别系统	(341)
7.9.2	专家系统 MYCIN	(344)
	本章小结	(349)
	习 题	(350)

## 第 8 章 机器学习

8.1	基本概念	(351)
8.1.1	什么是机器学习	(351)
8.1.2	学习系统	(352)
8.1.3	机器学习的发展	(354)
8.1.4	机器学习的分类	(354)
8.2	机械式学习	(356)
8.3	指导式学习	(357)
8.4	归纳学习	(357)
8.4.1	归纳推理	(358)
8.4.2	示例学习	(361)
8.4.3	观察与发现学习	(363)
8.5	类比学习	(364)
8.5.1	类比推理	(364)
8.5.2	属性类比学习	(365)
8.5.3	转换类比学习	(365)
8.6	基于解释的学习	(366)
8.6.1	基于解释学习的概念	(366)
8.6.2	基于解释学习的学习过程	(367)
8.6.3	领域知识的完善性	(368)
8.7	学习方法的比较与展望	(369)
8.7.1	各种学习方法的比较	(369)

8.7.2 机器学习的展望 .....	(370)
本章小结 .....	(370)
习 题 .....	(371)
<b>第9章 模式识别</b>	
9.1 基本概念 .....	(373)
9.1.1 什么是模式识别 .....	(373)
9.1.2 模式识别的一般过程 .....	(375)
9.2 统计模式识别 .....	(377)
9.2.1 模板匹配分类法 .....	(377)
9.2.2 最小距离分类法 .....	(378)
9.2.3 相似系数分类法 .....	(378)
9.2.4 几何分类法 .....	(379)
9.2.5 Bayes 分类法 .....	(380)
9.2.6 聚类分析法 .....	(381)
9.3 结构模式识别 .....	(385)
9.3.1 结构模式识别的基本过程 .....	(385)
9.3.2 基元抽取与模式文法 .....	(386)
9.3.3 模式的识别与分析 .....	(387)
9.4 模糊模式识别 .....	(388)
9.4.1 基于最大隶属原则的模式分类 .....	(388)
9.4.2 基于择近原则的模式分类 .....	(389)
9.4.3 基于模糊等价关系的模式分类 .....	(391)
9.4.4 基于模糊相似关系的模式分类 .....	(393)
本章小结 .....	(396)
习 题 .....	(398)
<b>第10章 智能决策支持系统</b>	
10.1 基本概念 .....	(400)
10.1.1 决策与决策过程 .....	(400)
10.1.2 决策支持系统 .....	(401)
10.1.3 智能决策支持系统 .....	(402)
10.2 智能决策支持系统的基本构件 .....	(403)
10.2.1 数据库系统 .....	(403)
10.2.2 模型库系统 .....	(404)
10.2.3 方法库系统 .....	(406)
10.2.4 知识库系统 .....	(406)
10.2.5 人机接口系统 .....	(406)
10.3 智能决策支持系统的系统结构 .....	(407)
10.3.1 四库结构 .....	(407)
10.3.2 融合结构 .....	(409)
10.4 多媒体人机智能接口 .....	(409)
10.4.1 多媒体技术 .....	(409)
10.4.2 多媒体技术在智能决策支持系统中的应用 .....	(410)
10.4.3 多媒体人机智能接口的设计与实现 .....	(411)

本章小结·····	(411)
习 题·····	(411)
<b>第 11 章 神经网络</b>	
11.1 基本概念·····	(412)
11.1.1 脑神经系统与生物神经元·····	(412)
11.1.2 人工神经元及其互连结构·····	(414)
11.1.3 人工神经网络的特征及分类·····	(417)
11.1.4 神经网络研究的发展简史·····	(418)
11.2 神经网络模型·····	(420)
11.2.1 感知器·····	(420)
11.2.2 B-P 模型·····	(423)
11.2.3 Hopfield 模型·····	(428)
11.2.4 自适应共振理论·····	(431)
11.3 神经网络在专家系统中的应用·····	(435)
11.3.1 神经网络与专家系统的互补性·····	(435)
11.3.2 基于神经网络的知识表示·····	(436)
11.3.3 基于神经网络的推理·····	(438)
11.4 神经网络在模式识别中的应用·····	(439)
本章小结·····	(440)
习 题·····	(441)
<b>第 12 章 智能计算机</b>	
12.1 什么是智能计算机·····	(442)
12.2 知识信息处理系统·····	(444)
12.3 人工神经网络计算机·····	(446)
12.3.1 数字集成电路形式·····	(446)
12.3.2 模拟集成电路形式·····	(447)
12.4 光计算机·····	(448)
12.4.1 空间光调制器·····	(448)
12.4.2 光互连·····	(449)
12.4.3 光全息存储与光计算机的研制·····	(449)
12.5 生物计算机·····	(450)
本章小结·····	(451)
习 题·····	(451)

## 附录

### 参考文献

# 第 1 章 绪 论

人工智能(Artificial Intelligence, 简记为 AI)是当前科学技术发展中的一门前沿学科,同时也是一门新思想、新观念、新理论、新技术不断出现的新兴学科以及正在迅速发展的学科。它是在计算机科学、控制论、信息论、神经心理学、哲学、语言学等多种学科研究的基础上发展起来的,因此又可把它看作是一门综合性的边缘学科。它的出现及所取得的成就引起了人们的高度重视,并得到了很高的评价。有的人把它与空间技术、原子能技术一起誉为 20 世纪的三大科学技术成就;有的人把它称为继三次工业革命后的一又一次革命,并称前三次工业革命主要是延长了人手的功能,把人类从繁重的体力劳动中解放出来,而人工智能则是延伸人脑的功能,实现脑力劳动的自动化。

本章将讨论智能、人工智能的基本概念,并对人工智能的研究目标、研究内容、研究途径及研究领域进行简要的讨论。

## 1.1 什么是人工智能

### 1.1.1 智能

什么是智能?智能的本质是什么?这是古今中外许多哲学家、脑科学家一直在努力探索和研究的,但至今仍然没有完全解决,以致被列为自然界四大奥秘(物质的本质、宇宙的起源、生命的本质、智能的发生)之一。近些年来,随着脑科学、神经心理学等研究的进展,对人脑的结构和功能积累了一些初步认识,但对整个神经系统的内部结构和作用机制,特别是脑的功能原理还没有完全搞清楚,有待进一步的探索。在此情况下,要从本质上对智能给出一个精确的、可被公认的定义显然是不现实的。目前人们大多是把对人脑的已有认识与智能的外在表现结合起来,从不同的角度、不同的侧面、用不同的方法来对智能进行研究的,提出的观点亦不相同。其中影响较大的主要有思维理论、知识阈值理论及进化理论等。

思维理论来自认知科学。认知科学又称为思维科学,它是研究人们认识客观世界的规律和方法的一门科学,其目的在于揭开大脑思维功能的奥秘。该理论认为智能的核心是思维,人的一切智慧或智能都来自于大脑的思维活动,人类的一切知识都是人们思维的产物,因而通过对思维规律与方法的研究可望揭示智能的本质。

知识阈值理论着重强调知识对于智能的重要意义和作用,认为智能行为取决于知识的数量及其一般化的程度,一个系统之所以有智能是因为它具有可运用的知识。在此认识的基础上,它把智能定义为:智能就是在巨大的搜索空间中迅速找到一个满意解的能力。这一理论在人工智能的发展史中有着重要的影响,知识工程、专家系统等都是在这一理论的影响下发展起来的。

进化理论是由美国麻省理工学院(MIT)的布鲁克(R. A. Brook)教授提出来的。1991 年他

提出了“没有表达的智能”,1992年又提出了“没有推理的智能”,这是他根据自己对人造机器动物的研究与实践提出的与众不同的观点。该理论认为人的本质能力是在动态环境中的行走能力、对外界事物的感知能力、维持生命和繁衍生命的能力,正是这些能力对智能的发展提供了基础,因此智能是某种复杂系统所浮现的性质。它是由许多部件交互作用产生的,智能仅仅由系统总的行为以及行为与环境的联系所决定,它可以在没有明显的可操作的内部表达的情况下产生,也可以在没有明显的推理系统出现的情况下产生。该理论的核心是用控制取代表示,从而取消概念、模型及显式表示的知识,否定抽象对于智能及智能模拟的必要性,强调分层结构对于智能进化的可能性与必要性。目前这一观点尚未形成完整的理论体系,有待进一步的研究,但由于它与人们的传统看法完全不同,因而引起了人工智能界的注意。

综合上述各种观点,可以认为智能是知识与智力的总和。其中,知识是一切智能行为的基础,而智力是获取知识并运用知识求解问题的能力,即在任意给定的环境和目标的条件下,正确制订决策和实现目标的能力,它来自人脑的思维活动。具体地说,智能具有下述特征:

### 1. 具有感知能力

感知能力是指人们通过视觉、听觉、触觉、味觉、嗅觉等感觉器官感知外部世界的能力。感知是人类最基本的生理、心理现象,是获取外部信息的基本途径,人类的大部分知识都是通过感知获取有关信息,然后经过大脑加工获得的。可以说如果没有感知,人们就不可能获得知识,也不可能引发各种各样的智能活动。因此,感知是产生智能活动的前提与必要条件。

在人类的各种感知方式中,它们所起的作用是不完全一样的。据有关研究,大约80%以上的外界信息是通过视觉得到的,有10%是通过听觉得到的,这表明视觉与听觉在人类感知中占有主导地位。这就提示我们,在人工智能的机器感知方面,主要应加强机器视觉及机器听觉的研究。

### 2. 具有记忆与思维的能力

记忆与思维是人脑最重要的功能,亦是人们之所以有智能的根本原因所在。记忆用于存储由感觉器官感知到的外部信息以及由思维所产生的知识;思维用于对记忆的信息进行处理,即利用已有的知识对信息进行分析、计算、比较、判断、推理、联想、决策等。思维是一个动态过程,是获取知识以及运用知识求解问题的根本途径。

思维可分为逻辑思维、形象思维以及在潜意识激发下获得灵感而“忽然开窍”的顿悟思维等。其中,逻辑思维与形象思维是两种基本的思维方式。

逻辑思维又称为抽象思维,它是一种根据逻辑规则对信息进行处理的理性思维方式,反映了人们以抽象的、间接的、概括的方式认识客观世界的过程。在此过程中,人们首先通过感觉器官获得对外部事物的感性认识,经过初步概括、知觉定势等形成关于相应事物的信息,存储于大脑中,供逻辑思维进行处理。然后,通过匹配选出相应的逻辑规则,并且作用于已经表示成一定形式的已知信息,进行相应的逻辑推理(演绎)。通常情况下,这种推理都比较复杂,不可能只用一条规则做一次推理就可解决问题,往往要对第一次推出的结果再运用新的规则进行新一轮的推理,等等。至于推理是否会获得成功,这取决于两个因素,一是用于推理的规则是否完备,另一是已知的信息是否完善、可靠。如果推理规则是完备的,由感性认识获得的初始信息是完善、可靠的,则由逻辑思维可以得到合理、可靠的结论。逻辑思维具有如下特点:

- (1) 依靠逻辑进行思维。
- (2) 思维过程是串行的,表现为一个线性过程。

(3) 容易形式化,其思维过程可以用符号串表达出来。

(4) 思维过程具有严密性、可靠性,能对事物未来的发展给出逻辑上合理的预测,可使人们对事物的认识不断深化。

形象思维又称为直感思维,它是一种以客观现象为思维对象、以感性形象认识为思维材料、以意象为主要思维工具、以指导创造物化形象的实践为主要目的的思维活动。在思维过程中,它有两次飞跃,首先是从感性形象认识到理性形象认识的飞跃,即把对事物的感觉组合起来,形成反映事物多方面属性的整体性认识(即知觉),再在知觉的基础上形成具有一定概括性的感觉反映形式(即表象),然后经形象分析、形象比较、形象概括及组合形成对事物的理性形象认识。思维过程的第二次飞跃是从理性形象认识到实践的飞跃,即对理性形象认识进行联想、想象等加工,在大脑中形成新意象,然后回到实践中,接受实践的检验。这个过程不断循环,就构成了形象思维从低级到高级的运动发展。形象思维具有如下特点:

(1) 主要是依据直觉,即感觉形象进行思维。

(2) 思维过程是并行协同式的,表现为一个非线性过程。

(3) 形式化困难,没有统一的形象联系规则,对象不同,场合不同,形象的联系规则亦不相同,不能直接套用。

(4) 在信息变形或缺少的情况下仍有可能得到比较满意的结果。

由于逻辑思维与形象思维分别具有不同的特点,因而可分别用于不同的场合。当要求迅速做出决策而不要求十分精确时,可用形象思维,但当要求进行严格的论证时,就必须用逻辑思维;当要对一个问题进行假设、猜想时,需用形象思维,而当要对这些假设或猜想进行论证时,则要用逻辑思维。人们在求解问题时,通常把这两种思维方式结合起来使用,首先用形象思维给出假设,然后再用逻辑思维进行论证。

顿悟思维又称为灵感思维,它是一种显意识与潜意识相互作用的思维方式。在工作及日常生活中,我们都有过这样的体验:当遇到一个问题无法解决时,大脑就会处于一种极为活跃的思维状态,从不同角度用不同方法去寻求问题的解决方法,即所谓的“冥思苦想”。突然间,有一个“想法”从脑中涌现出来,它沟通了解决问题的有关知识,使人“顿开茅塞”,问题迎刃而解。像这样用于沟通有关知识或信息的“想法”通常被称为灵感。灵感也是一种信息,它可能是与问题直接有关的一个重要信息,也可能是一个与问题并不直接相关、且不起眼的信息,只是由于它的到来“捅破了一层薄薄的窗纸”,使解决问题的智慧被启动起来。顿悟思维具有如下特点:

(1) 具有不定期的突发性。

(2) 具有非线性的独创性及模糊性。

(3) 它穿插于形象思维与逻辑思维之中,起着突破、创新、升华的作用。它比形象思维更复杂,至今人们还不能确切地描述灵感的具体实现以及它产生的机理。

最后还应该指出的是,人的记忆与思维是不可分的,它们总是相随相伴的,其物质基础都是由神经元组成的大脑皮质,通过相关神经元此起彼伏的兴奋与抑制实现记忆与思维活动。

### 3. 具有学习能力及自适应能力

学习是人的本能,每个人都在随时随地的进行着学习,既可能是自觉的、有意识的,也可能是不自觉、无意识的;既可以是有教师指导的,也可以是通过自己的实践。总之,人人都在通过与环境的相互作用,不断地进行着学习,并通过学习积累知识、增长才干,适应环境的变化,充