

浙江工商大学重点建设教材

# 人工智能 原理及应用

王 勋  
凌 云 编著  
费 玉 莲



南海出版公司

浙江工商大学重点建设教材

# 人工智能原理及应用

王勋 凌云 费玉莲 编著

南海出版公司

2005·海口

**图书在版编目(CIP)数据**

人工智能原理及应用/王勋,凌云,费玉莲编著. —海口:

南海出版公司,2005.12

ISBN 7-5442-3200-X

I. 人... II. ①王...②凌...③费 III. 人工智能 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 006370 号

RENGONG ZHINENG YUANLI JI YINGYONG

人工智能原理及应用

---

作 者 王 勋 凌 云 费玉莲

责任编辑 杨 苏

装帧设计 南海高教出版中心

出版发行 南海出版公司电话(0898)66568511(出版)65350227(发行)

社 址 海南省海口市海秀中路 51 号星华大厦五楼 邮编 570206

电子信箱 nhcbgs@0898.net

经 销 新华书店

印 刷 安徽省蚌埠市广达印务有限公司

开 本 787×1230 1/16

印 张 33.25

字 数 880 千字

版 次 2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5442-3200-X

定 价 58.00 元

---

南海版图书 版权所有 盗版必究

# 前 言

人工智能自 1956 年问世以来,经历了近半个世纪的风风雨雨,其发展并非一帆风顺,历经几次大起大落。也正是在这样的跌宕起伏中,人工智能学科得以逐步发展壮大,取得了许多令人瞩目的研究成果,已经形成了一整套的理论和方法。这些理论和方法已经在专家系统、自然语言处理、模式识别、人机交互、智能信息处理、信息检索、数据挖掘、机器人技术及计算智能等应用领域发挥巨大的作用。

人工智能作为 20 世纪下半叶的一门新兴学科,被誉为 20 世纪最伟大的科学成就之一,将在以信息技术为主导的 21 世纪知识经济时代发挥着重要作用,促进了各行各业乃至计算机硬件与软件产业本身的变革,从而有助于人类进一步理解人类智能的机制。因此,让信息学科及相关学科的高年级本科生和研究生掌握人工智能的基本原理及方法,已成为国内许多高等学校提高学生综合素质,培养学生创新能力,以适应网络经济时代要求的一项重要举措。1999 年,国务院学位委员会办公室更是将人工智能列为同等学力人员申请硕士学位计算机科学与技术学科综合水平全国统一考试的选考科目之一。

本书是作者在为本科生和研究生讲授人工智能课程的基础上,学习并吸收了国内外经典人工智能教材优点及最新研究成果编写而成的。但由于人工智能是多学科的交叉学科,涉及的内容广泛,而且是一门仍处于不断发展的学科,新的理论和方法不断涌现,新的研究成果不断丰富着它的研究内容,新的应用不断为它提出新的研究课题,尚未形成完整、成熟的理论体系,为人工智能的学习带来了一定的难度。全书将分三编分别介绍经典人工智能原理与方法、计算智能和人工智能应用,同时,参考了国家学位委员会颁布的《同等学力人员申请硕士学位计算机科学与技术学科综合水平考试大纲及指南》中“人工智能考试大纲”的要求,对谓词逻辑、归结原理、不确定性推理、知识表示等重点内容做了详细的介绍。

全书分三编共计 14 章内容。

第一编包括前 5 章,系统地介绍了传统人工智能的基本原理与方法。第 1 章对人工智能的基本概念、研究目标、发展历史、各学派研究特点和应用领域等进行了全面的讨论。第 2 章介绍了问题求解的基本技术,讨论了各种搜索技术,包括基于状态空间表示和与或树表示的盲目搜索、启发式搜索,博弈问题以及约束满足问题。第 3 章介绍了主要的知识表示方法,包括谓词逻辑表示法、产生式系统、框架表示法、语义网络表示法及面向对象和 Petri 网表示法。第 4 章从命题逻辑入手,着重讨论了逻辑运算在人工智能推理方法中的意义,基于谓词逻辑的归结推理方法及其理论基础。第 5 章介绍了不确定性推理和非单调推理方法。其中不确定性推理主要包括主观贝叶斯方法、确定性方法和证据理论。非单调推理包括缺省理论、界限理论和正确性维持系统等。

第二编包括 3 章,主要讨论了计算智能理论。第 6 章介绍了模糊理论及其应用。第 7 章介绍

了人工神经网络基本概念、几种常见的神经网络模型及其应用。第 8 章介绍了进化计算的基本概念和主要内容,重点讨论了遗传算法及其应用,并对进化策略和进化规划的基本理论作了初步介绍。

第三编包括了其余 6 章,重点是人工智能应用部分。第 9 章介绍了专家系统,讨论了专家系统构建的基本步骤、一般结构及知识获取,最后对 MYCIN 专家系统做了比较详细的介绍。第 10 章介绍了机器学习,主要包括机械学习、指导式学习、类比学习、解释学习和归纳学习。第 11 章讨论了知识发现与数据挖掘,主要包括知识发现的基本原理,数据挖掘的常用方法及相关应用。第 12 章介绍了智能信息搜索技术,主要讨论信息搜索的基本工作原理,智能搜索引擎的构造技术及其他相关媒体的搜索引擎技术。第 13 章讨论了智能决策支持系统,主要包括智能决策支持系统结构、构造与实现方法及相关集成技术,并对其存在的问题与发展趋势进行了展望。第 14 章介绍 Agent 技术基础,包括 Agent 系统构造技术、多 Agent 系统通信机制、协商与协调策略及相关应用。

本书第 1、3、5、6、7、10、11、12 章由王勋编写,第 4、8、14 由凌云编写,第 2、9、13 章由费玉莲编写,全书经集体讨论,由王勋审定。限于作者水平、精力和时间,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005. 12

# 目 录

## 第一编 传统人工智能基本原理

<b>第 1 章 绪 论</b> .....	(2)
1.1 人工智能概述 .....	(2)
1.2 人工智能发展历程 .....	(10)
1.3 人工智能主要研究与应用领域 .....	(17)
习题 1 .....	(28)
<b>第 2 章 问题求解的基本原理</b> .....	(29)
2.1 概 述 .....	(29)
2.2 盲目搜索策略 .....	(32)
2.3 启发式搜索策略 .....	(51)
2.4 与/或树的搜索策略 .....	(56)
2.5 博弈树搜索策略 .....	(61)
2.6 约束满足搜索策略 .....	(73)
习题 2 .....	(78)
<b>第 3 章 知识表示</b> .....	(80)
3.1 基本概念 .....	(80)
3.2 一阶谓词逻辑表示法 .....	(86)
3.3 产生式表示法 .....	(100)
3.4 框架表示法 .....	(108)
3.5 语义网络表示法 .....	(123)
3.6 面向对象表示法 .....	(137)
3.7 Petri 网表示法 .....	(142)
习题 3 .....	(147)
<b>第 4 章 经典逻辑推理</b> .....	(150)
4.1 概 述 .....	(150)
4.2 命题逻辑推理 .....	(154)
4.3 谓词逻辑推理 .....	(159)
4.4 归结的完备性和合理性 .....	(177)
4.5 基于规则的演绎推理 .....	(186)
习题 4 .....	(193)
<b>第 5 章 高级知识推理</b> .....	(196)
5.1 经典逻辑系统的局限性 .....	(196)
5.2 非单调推理 .....	(198)

5.3 不确定性推理 ..... (212)  
习题 5 ..... (246)

## 第二编 计算智能理论

**第 6 章 模糊计算**..... (250)  
6.1 模糊逻辑的数学基础 ..... (250)  
6.2 模糊关系 ..... (258)  
6.3 模糊逻辑的推理 ..... (262)  
6.4 模糊判决方法 ..... (272)  
6.5 模糊信息处理 ..... (273)  
习题 6 ..... (278)

**第 7 章 神经计算**..... (280)  
7.1 神经网络概述 ..... (280)  
7.2 感知器 ..... (286)  
7.3 BP 网络 ..... (289)  
7.4 Hopfield 网络 ..... (293)  
7.5 随机神经网络 ..... (296)  
7.6 基于神经网络知识表示与推理 ..... (301)  
7.7 神经网络的应用 ..... (304)  
习题 7 ..... (306)

**第 8 章 进化计算**..... (309)  
8.1 进化计算概述 ..... (309)  
8.2 遗传算法 ..... (312)  
8.3 进化策略基本理论 ..... (325)  
8.4 进化规划基本理论 ..... (328)  
8.5 进化计算的研究现状和发展趋势 ..... (330)  
习题 8 ..... (334)

## 第三编 人工智能应用部分

**第 9 章 专家系统**..... (338)  
9.1 专家系统概述 ..... (338)  
9.2 问题求解的组织结构 ..... (346)  
9.3 知识获取 ..... (351)  
9.4 开发专家系统 ..... (355)  
9.5 专家系统开发工具 ..... (361)  
9.6 专家系统进展 ..... (363)  
习题 9 ..... (367)

**第 10 章 机器学习** ..... (368)  
10.1 机器学习概述 ..... (368)  
10.2 机械学习 ..... (375)

10.3	指导式学习 .....	(378)
10.4	类比学习 .....	(379)
10.5	解释学习 .....	(382)
10.6	归纳学习 .....	(386)
习题 10	.....	(396)
<b>第 11 章</b>	<b>知识发现与数据挖掘 .....</b>	<b>(397)</b>
11.1	知识发现综述 .....	(397)
11.2	知识发现所面临挑战和应用领域 .....	(402)
11.3	数据挖掘概述 .....	(405)
11.4	分类和预测 .....	(408)
11.5	基于关联规则的挖掘 .....	(418)
11.6	聚类分析技术 .....	(429)
11.7	基于 Web 的智能挖掘 .....	(443)
习题 11	.....	(447)
<b>第 12 章</b>	<b>智能信息搜索技术 .....</b>	<b>(449)</b>
12.1	信息搜索概述 .....	(449)
12.2	搜索引擎概述 .....	(451)
12.3	智能搜索引擎 .....	(461)
12.4	图像和动态网页的搜索 .....	(470)
习题 12	.....	(473)
<b>第 13 章</b>	<b>智能决策支持系统 .....</b>	<b>(474)</b>
13.1	决策支持系统发展概述 .....	(474)
13.2	智能决策支持系统的结构 .....	(477)
13.3	智能决策支持系统集成技术 .....	(484)
13.4	智能决策支持系统的建造和实现 .....	(487)
13.5	智能决策支持系统存在的问题和发展趋势 .....	(493)
习题 13	.....	(495)
<b>第 14 章</b>	<b>Agent 技术基础 .....</b>	<b>(496)</b>
14.1	概 述 .....	(496)
14.2	Agent 的分类与应用 .....	(504)
14.3	多 Agent 系统 .....	(509)
14.4	多 Agent 系统通信机制 .....	(511)
14.5	多 Agent 系统的协商与协调 .....	(516)
14.6	多 Agent 系统的开发与应用 .....	(519)
习题 14	.....	(521)
<b>参考文献</b>	.....	<b>(522)</b>



# 第一编

---

---

## 传统人工智能基本原理

# 第1章 绪论

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是当前科学技术发展中的一门综合性前沿学科,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,是计算机科学与技术领域的一个重要研究方向。有人把它与空间技术、原子技术一起誉为20世纪的三大科学技术成就;有人把它称为继三次工业革命之后的又一次革命,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了人脑的功能,实现脑力劳动的自动化。

人工智能主要研究如何使机器来模拟和实现人类的智能行为,是计算机、控制论、信息论、心理学、哲学、语言学等多种学科相互综合、相互渗透的基础上发展起来的一门新兴边缘学科。自1956年诞生以来,人工智能已经走过了曲折的半个世纪,期间风风雨雨,高潮低潮几经交替,遭到过不少的争论、困难和挑战,同时也在争论中迅速发展,在很多领域取得了广泛的应用。

本章在讨论了什么是人工智能的基础上,介绍了人工智能的研究方法、研究目标和研究内容;然后回顾了人工智能的发展历程和主要研究与应用领域,最后就人工智能在信息处理领域的应用研究做了初步探讨。

## 1.1 人工智能概述

### 1.1.1 人工智能基本概念

#### 1. 自然智能

人类的自然智能伴随着人类的活动无处不在,如证明一道数学题、编制一段计算机程序或下棋等都离不开智能。那么,什么是智能?人类智能的本质是什么?这是古今中外许多科学家们一直在努力探索,但至今还没有完全解决的问题,是自然界的四大奥秘(物质的本质、宇宙的起源、生命的本质、智能的发生)之一。在古代,人类就开始用各种方式来记录信息和描绘自己的形象,并且希望通过建立一种“智能”模型,来指导人们在各种活动中的行为并做出决策。但是,对那时的人类来说,由于缺乏有效的手段和工具,这是一件非常复杂和困难的工作。近年来,随着脑科学、神经心理学等研究的进展,尽管还没有完全搞清楚人脑的结构机理,但对人脑的结构和作用机理已积累了一定知识,结合智能的外在表现,从不同角度、不同侧面、用不同的方法对智能进行研究,提出了不同的观点。其中影响比较大的主要有:思维理论、知识阈值理论和进化理论。

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学科,其目的在于揭开人类大脑思维的奥秘。一般认为认知(Cognition)是和情感、动机、意志相对应的理智或认识过程,或者说是为了了一定的目的,在一定的心理结构中进行的信息加工过程。美国心理学家霍斯顿(Houston)等人将认知的看法归纳为5种主要类型:

- 1) 认知是信息处理的过程。
- 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。

认知科学(Cognitive Science)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为完成认知活动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,它的兴起和发展标志着对以人类为中心的认知和智能活动的研究已进入到一个新的阶段,对人工智能的发展起着根本性的作用。认知科学涉及的问题非常广泛,除了像霍斯顿提出的知觉、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,是信息科学、数学、科学语言学、现代心理学、神经科学、人类学、自然哲学等多学科交叉的结果。可以说,认知科学的研究将为智能革命、知识革命和信息革命建立起坚实的理论基础,为智能计算机系统的研制提供新概念、新思想、新途径。

思维理论认为智能的核心是思维,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。可以说,没有思维就没有人类的智能。正是有了思维,人类的智能才能远远超出其他动物而产生质的飞跃,出现了思想意识,才使人类成为万物之灵。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,可以支配的知识越多,系统的智能程度就越高。在此认识的基础上,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的解的能力。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)的布克(Brook)教授于1992年提出来的。该理论着重强调控制,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、维持生命和繁衍生息的能力,智能取决于感知和行为,因而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。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。

当前,学术界一般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。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) 具有记忆与思维能力

记忆与思维是人脑最重要的功能,亦是人类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。

人们对思维的研究已经具有悠久的历史。我国著名科学家钱学森教授早在 1984 年就倡导开展思维科学的研究，其目的就在于“研究思维规律与方法”，并以此为基础指导人工智能的研究与智能机器的开发。国内学者研究提出：“思维是人类个体反映、认识和改造世界的一种高级心理活动”。人脑对客观事物的间接反映过程，包括回想、联想、表象、想象、思考、推想等。人们通过思维活动能够反映客观事物的特点、本质属性、内部联系及发展规律，因此，思维是认识过程的高级阶段。

思维可分为抽象思维、形象思维以及在潜意识激发下获得灵感而“忽然开窍”的顿悟思维三种类型。抽象思维以抽象的概念为基础，通过符号信息处理进行思维，是我们通过现象认识事物本质的重要手段。形象思维是一种形象性的理性认识活动，它与神经机制的连接论相适应。灵感思维是一种潜意识的反映客观事物的认识过程。但是，人的思维活动过程往往不是一种思维方式在起作用，而是两种甚至三种思维方式先后交错在起作用。比如，人的创造性思维的过程就绝不是单纯的抽象思维，可能还包含了一点形象思维，甚至要有灵感思维充当创造性思维火花的导火线和催化剂的作用。迄今为止，人们对抽象思维的研究比较深入，已经有比较成熟的逻辑学，而对形象思维和灵感思维还没有理论成果。

中国科学院史忠植教授于 20 世纪 90 年代初提出了人类思维的层次模型，如图 1.1 所示。图中的感知思维是极其简单的思维形式，它是通过人的眼睛、耳朵、鼻子、舌头、身体感知器官产生表象，形成初级的思维。形象思维以神经网络连接论为理论基础，可以高度并行处理。抽象思维以物理符号为理论基础，用语言表述抽象的概念。由于注意的作用，使其处理基本上是串行的。思维模型反映了三种思维形式的相互关系，以及它们之间的相互作用的微观过程。但是解决从形象思维到抽象思维过渡的微过程，还需要做长期的进一步研究。

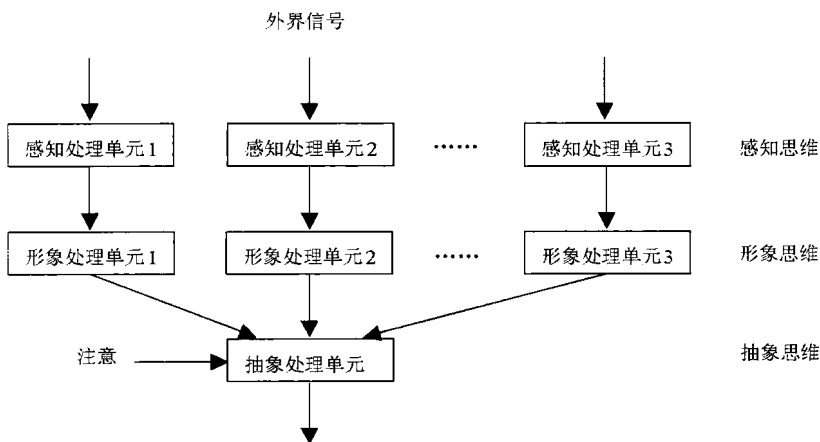


图 1.1 思维的层次模型

(3)具有学习与自适应能力

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,充实、完善自己。只是由于各人所处的环境不同,条件不同,学习的效果亦不相同,体现出不同的智能差异。

#### (4)具有行为能力

人们通常用语言或者某个表情、眼神及形体动作来对外界的刺激作出反应,传达某个信息,这称为行为能力或表达能力。如果把人们的感知能力看作是用于信息的输入,则行为能力就是用作信息的输出,它们都受到神经系统的控制。

## 2. 人工智能

关于“人工智能”的含义,早在它还没有正式作为一门学科出现之前,就由英国数学家图灵(Turing,1912~1954)提出。1950年他发表了题为“计算机与智能”(Computing Machinery and Intelligence)的论文,提出了著名的“图灵测试”,形象地指出了什么是人工智能以及机器应该达到的智能标准,现在许多人仍把它作为衡量机器智能的准则。尽管学术界目前存在着不同的看法,但它对人工智能这门学科的发展所产生的深远影响却是功不可没的。图灵在这篇论文中指出不要问一个机器是否能思维,而是要看它能否通过如下测试:分别让人与机器位于两个房间里,他们可以通话,但彼此都看不到对方,如果通过对话,作为人的一方不能分辨对方是人还是机器,那么就可认为对方的那台机器达到了人类智能的水平。为了进行这个测试,图灵还用他丰富的想象力设计了一个很有趣且智能性很强的对话内容,称为“图灵的梦想”。在这个对话中,“询问者”代表人,“智者”代表机器,并且假设他们都阅读过狄更斯(Dickens)所著的《匹克威克外传》小说。对话内容如下:

**询问者:**你的14行诗的首行为“你如同夏日”,你不觉得“春日”更好吗?

**智者:**它不合韵。

**询问者:**“冬日”如何?它可是完全合韵的。

**智者:**它的确是合韵,但没有人愿被比作“冬日”。

**询问者:**你不是说过匹克威克先生让你能想起圣诞节吗?

**智者:**是的。

**询问者:**圣诞节是冬天的一个日子,我想匹克威克先生对这个比喻不会介意吧。

**智者:**我认为你不够严谨,“冬日”指的是一般的冬天的日子,而不是某个特别的日子,如圣诞节。

可见,要达到“图灵测试”的智能标准是很难的,若以这个标准来衡量1997年战胜国际象棋大师卡斯帕罗夫的深蓝,它最多也只能算是人类智能在机器上的部分模拟。

麦卡锡(McCarthy)在1956年夏天美国达特茅斯(Dartmouth)大学召开的讨论会上首次提出“Artificial Intelligence(人工智能)”这一术语,并把它定义为:“研究在计算过程中阐释和仿真智能行为的领域”。但经过近半个世纪的发展,人工智能的研究和应用不断深入,人们对人工智能的理解和认识发生了深刻的变化,对人工智能的定义出现了许多不同的说法,至今一直没有一个明确的定义。下面是一些学者从不同的角度对人工智能定义的简述:

1)里奇(Rich)和克奈特(Knight)从人工智能的目标出发,认为“人工智能是研究如何让计算机做现阶段人类才能做得更好的事情”。

2)布克南(Buchanan)和绍特里夫(Shoriffe)从实现人工智能目标的方法角度,认为“人工智能是计算机科学的分支,它用符号的、非算法的方法进行问题求解”。

3)尼尔森(Nilsson)从处理的对象出发,认为“人工智能是关于知识的科学,即怎样表示知识,

怎样获取知识和怎样运用知识的科学”。

4) 巴尔(Barr)和费根鲍姆(Feigenbaum)从计算机科学的角度,认为“人工智能是计算机科学的一个分支,涉及设计智能计算机系统,也就是说,对照人类在自然语言理解、学习、推理、问题求解等方面的智能行为,它所设计的系统应能显示与人类智能行为相类似的特征”。

5) 清华大学石纯一教授把人工智能定义为:人工智能是计算机科学的一个分支,是研究使用计算机来完成能表现出人类某些智能行为的科学,包括计算机实现智能的原理、制造类似于人脑的计算机、使计算机更聪明地实现高层次的应用。

Stuart Russell 和 Peter Norving 在其专著中对人工智能的定义进行了详细分析,把他们划分为以下四个部分:类似人一样动作系统、类似人一样进行思考和推理的系统、理性动作系统、理性思考的系统。

“类似人一样动作”的系统认为人工智能是一门艺术,它能够创造出完成一定任务的机器,而当人类对这些任务进行处理的时候,需要一定智能。如证明定理、下棋、做外科手术等等。

“类似人一样进行思考和推理”的系统考虑的是怎样能够让计算机更好地完成任务。类似人一样进行思考和推理的系统中,主要采用的是认知模型的方法,即关于人类思维工作原理的可检测理论。

“理性动作”的系统主要指的是理性的主体 Agent。行为上的理性指的是已知某些信念,执行某些动作以达到某个目标。Agent 可以看作是可以进行感知和执行动作的某个系统。在这种方法中,人工智能可认为就是研究和建造理性 Agent。

“理性思考”系统主要指的是思维方法的规范化。古希腊哲学家 Aristotle 可能是第一个试图把“正确地思考”规范化的人,即不能驳倒的推理过程,其著名的三段论方法给出了推理的模式,当前提为真的时候,就可以得到正确的结论。

通过上面的讨论可以看到,目前还没有一个定义能够被广泛地接受,但我们认为其主题是:人工智能是一门研究如何构造智能机器(智能计算机)或智能系统,使它能模拟、延伸、扩展人类智能的学科,以解决过去人类专家才能处理的复杂问题。

### 3. 人类智能的计算机模拟

由于人类抽象思维的各种规则可以用谓词逻辑表示,而谓词的真假又可用 1 和 0 表示,故谓词演算可转化为计算机中的数字计算。于是人们普遍认为抽象思维不仅可归结为符号计算,还可用计算机加以模拟。

而手写文字、语音、图像等的感知、记忆、联想、组合规则、优化规划和故障诊断等具有形象思维特点的操作,已在人工神经网络中实现,故有人认为形象思维可用网络计算加以模拟,并提出只要将人工神经网络和人工智能结合起来,就可模拟人类思维和智能的观点。但是,这种观点遇到的问题是:如何揭示人工神经网络模拟形象思维的基本机制或原理,如何统一符号机制与网络机制等。

前人的研究表明,为实现计算机模拟和代替人的认知行为和思维活动,需要满足 3 个基本前提:

#### (1) 求解问题形式化

用计算机来解决智能问题,首先要建立一个形式系统,规定要用的符号;另外还要建立一些规则。求解时从表示问题的符号串出发,按规则加工,直到得出符合要求的符号串为止。此方法需要设计一种包罗万象的先验的形式化系统,需要将今天尚未认识而以后才能认识的领域预先形式化,这是目前困难所在。

### (2) 必须有可行的算法

对于已形式化的问题,还必须找出可计算的算法,也就是要找出一种算法模拟或代替人脑的思维活动。

### (3) 问题需要有合理的复杂度

由于目前计算机的计算能力有限,当我们设置一个算法解题时,问题本身应有合理的复杂度,否则将产生组合爆炸,那时,任何巧妙的技术全都失灵了。人工智能当前面临的多数难题都涉及组合爆炸,用搜索法求解时更是如此。

应该指出的是,人工智能的根本目标是用物化的智能代替、延伸和扩展人脑和机体的某些功能,它的根本方法是功能模拟法。目前,模拟认知行为的相关领域有汉字识别、机器视觉、物体识别、语音识别和理解、图像识别等,这方面的模拟实用性很强,故很受重视,也已取得了一些进展,但大多数的研究涉及的难度较大,电脑模拟感受的功能与人的感受功能相比,差距还很大。模拟思维活动的相关领域有符号推理、模糊推理、定理证明、专家系统等,这方面的研究和应用取得了比较显著的成果。但是,计算机思维目前仍处于比较初级的阶段,它与人的思维过程相比还有很大的差距。

## 1.1.2 人工智能的研究方法

### 1. 人工智能研究的特点

人工智能是一门综合性很强的学科,涉及到众多不同学科,集中了这些学科的思想和技术。人工智能又是一门实践性很强的学科,具有广泛的应用领域。通过努力建造类似于人类的智能实体并且理解它们,以便更好地理解我们自身,延伸人类的智能,彻底把人类从脑力劳动中解放出来,这是人工智能研究的终极目标。

人工智能涉及多个学科,从这些学科中借鉴了大量的知识、理论,但又和同样研究智能的学科如心理学、哲学不同,人工智能研究的目标是努力建造智能实体并且理解它们,与人们的希望以及与人类自身的大脑结构和组织功能都有很大的差距,还是一门很不成熟的学科。人类医学研究表明,大脑大约有  $10^{11}$  个神经元,并按并行分布式方式工作,具有较强的演绎、联想、学习、形象思维等能力,可以对图像、图形、景物凭直觉、视觉等快速响应和处理,而传统的计算机在这方面却非常的弱。因此,人工智能研究只能依据现有条件,借助多学科理论,依靠智能程序构造模拟人类智能的智能系统。

人工智能的研究与传统的计算机程序设计在很多方面有所不同。从研究对象来看,人工智能系统是以符号表示知识,并且以知识为主要研究对象,而传统的程序是以数值为研究对象,这说明了知识在人工智能中的重要性。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。

智能系统的另一个特点是采用启发式的推理方法而不是常规的算法。启发式方法是利用了问题所在领域的知识,结合问题当前所能得到的启发式信息,来指导问题的求解过程,提高求解效率。

智能系统的第三个特点是控制结构和领域知识通常是分离的。如在现代的专家系统中,推理机与数据库、知识库间都是分离的,通常可以通过移植相关领域的规则替换原知识库来构造不同的专家系统,如 EMYCIN, KAS 等都是这类专家系统的外壳。

第四个特点是允许出现不正确的答案。因为智能系统一般应用在知识不完全、数据不一定准确的问题中,允许利用专家的经验知识,而经验是允许错误存在的,因此系统就有可能出现不正确

的结果。

## 2. 人工智能研究途径

人类对智能本质的不同理解和认识,以及从不同的途径认识和模拟人类的智能行为,产生了不同的人工智能研究方法和学术观点,形成了不同的研究学派。目前,人工智能的主要研究学派有符号主义、连接主义和行为主义等学派。

### (1) 符号主义(Symbolicism)学派

符号主义(Symbolicism)又称为逻辑主义(Logicism)、心理学派(Psychologism)或计算机学派(Computerism),其理论基础主要是物理符号系统假设和有限合理性原理。这种方法起源于20世纪50年代中期,是在纽厄尔(Newell)与西蒙(Simon)等人在研究通用问题求解系统GPS中首先提出来的,用于模拟人类求解问题的心理过程,其核心思想是:物理符号系统具备必要且足够的方法来实现普通的智能行为。

纽厄尔与西蒙把智能问题都归结为符号系统的计算问题,把一切精神活动都归结为计算。他们指出物理符号系统是类似数字计算机的机器,具备灵活处理符号数据的能力。所谓符号就是模式,对符号进行操作就是对符号进行比较,从中找出相同的和不同的符号。所谓物理符号是指物理模式,它是由一组符号的实体组成,并可在另一类称为符号结构的实体中作为组分出现。其基本任务和功能就是辨认相同的符号和区别不同的符号。

物理符号系统假设的重要性之一就是它指出这种物理符号系统由什么构成并不重要,一个智能实体只要能处理符号,它可以由蛋白质、机械转动、半导体或其他材料构成,如人的神经系统、计算机系统。因为计算机自身具有符号处理的推算能力,这种能力本身就蕴含着演绎推理的内涵,因而可通过运行相应的程序系统来体现出某种基于逻辑思维的智能行为,达到模拟人类智能活动的效果,即计算机能够具有人的智能。

根据纽厄尔和西蒙提出的物理符号系统假设,任何一个系统,如果它能表现出智能,则它必定能执行6种基本操作,即输出符号、输入符号、存储符号、复制符号、建立符号结构、条件性迁移。反之,任何系统如果能执行这6种操作,那么它就能表现出智能。该假设有3个推论:①人具有智能,故人是一个物理符号系统;②计算机是一个物理符号系统,故它必定能表现出智能;③计算机能模拟人。

物理符号系统假设为人工智能提供了一个理论基础,其核心就是“按照人类思维操作的过程来编制计算机程序”,使计算机“在形式上来描述人的活动过程,或者建立一个理论来说明人的活动过程”。事实上,计算机的确能够很好地执行上述的6种符号操作或计算,实现许多智能功能,如下棋、定理证明、翻译等。

目前,人工智能的大部分研究成果都是基于这种方法实现的。但由于该方法的核心是符号处理,在“常识”问题、不确定性的表示和处理等方面遇到了困难。如人的感知过程主要是形象思维,这是逻辑推理做不到的,因而无法用符号方法进行模拟。其次,用符号表示概念时,其有效性在很大程度上取决于符号表示的正确性,当把有关信息转换成推理机构能进行处理的符号时,将会丢失一些重要信息,它对带有噪声的信息以及不完整的信息也难以进行处理。另外,人们并非仅仅依靠逻辑推理来求解问题,有时非逻辑推理在求解问题的过程中起着更重要的作用,甚至是决定性的作用。这些都表明了符号方法来解决智能问题存在着严重缺陷,因而也受到了其他学派的批评。

### (2) 行为主义(Actionism)学派

行为主义(Actionism)又称为进化主义(Evolutionism)或控制论学派(Cyberneticsism),是基于



控制论和“动作—感知”型控制系统的人工智能学派。持这种观点的人认为：人的智能经过了在地球上几十亿年的进化，为了制造出真正的智能机器，我们必须沿着这些进化的步骤走。他们认为机器是由蛋白质还是由半导体构成是无关紧要的，智能行为是由所谓的“亚符号处理”，即“信号处理”而不是“符号处理”产生的。如识别熟悉的面孔，对人来说易如反掌，但是对机器就很困难，最好的解释就是人类把图像或图像的各个部分作为多维信号而不是符号来处理的。因此，我们应该以复杂的现实世界为背景，研究简单动物如昆虫的信号处理能力并模拟和复制，沿着进化的阶梯向上进行。这一方案不仅能在短期内制造出实用的人造物，又能为更高级智能的建立打好坚实的基础。

行为主义是 20 世纪末才以人工智能新学派的面孔出现的，引起了许多人的兴趣。在 1991 年布鲁克斯(Brooks)提出了无需知识表示的智能和无需推理的智能，他认为智能只是在与环境交互作用中才表现出来，不应采用集中式的模式，而是需要具有不同的行为模块与环境交互，以此来产生复杂的行为。他认为任何一种表达方式都不能完善地代表客观世界中的真实概念，因而用符号串表示智能过程是不妥的。基于行为主义的基本观点可以概括为：

- 1) 知识的形式化表达和模型化方法是人工智能的重要障碍之一。
- 2) 智能取决于感知和行动，应直接利用机器对环境作用后，以环境对作用的响应为原型。
- 3) 智能行为只能体现在世界中，通过与周围环境交互而表现出来。
- 4) 人工智能可以像人类智能一样逐步进化，分阶段发展和增强。

布鲁克斯这种基于行为进化的观点开辟了人工智能研究的新途径。以这些观点为基础，布鲁克斯研制出了一种机器虫，用一些相对独立的功能单元，分别实现避让、前进、平衡等基本功能，组成分层异步分布式网络，取得了一定的成功，特别是为机器人的研究开创了一种新的方法。

行为主义思想提出后引起了人们广泛地关注，有人认为布鲁克斯的机器虫在行为上的成功并不能导致高级控制行为，指望让机器从昆虫的智能进化到人类的智能只是一种幻想。尽管如此，行为主义学派的兴起，表明了控制论、系统工程的思想将进一步影响人工智能的发展。

### (3) 连接主义(Connectionism)学派

以网络连接为基础的联结主义是近年来研究得比较多的一种方法，也是属于非符号处理方法。这种方法研究能够进行非程序的、可适应环境变化的、类似人类大脑风格的信息处理方法的本质和能力，是基于神经网络及网络间的联结机制和学习算法的人工智能学派。持这种观点的人认为，大脑是一切智能活动的基础，因而从大脑神经元及其联结机制出发进行研究，搞清楚大脑的结构以及它进行信息处理的过程和机理，可望揭示人类智能的奥秘，从而真正实现人类智能在机器上的模拟。

该方法的主要特征表现在：以分布式的方式存储信息，以并行方式处理信息，具有自组织，自学习能力，适合于模拟人的形象思维，可以比较快地得到一个近似解。正是这些特点，使得神经网络为人们利用机器加工处理信息方面提供了一个全新的方法和途径。但是这种方法不适合于模拟人们的逻辑思维过程，并且人们发现，已有的模型和算法也存在一定的问题，理论上的研究也有一定的难点，因此单靠联结机制解决人工智能的全部问题也是不现实的。但是，随着探索的不断深入，对神经网络的研究将会不断得到发展。目前，人工神经网络已在图像处理、模式识别等领域获得重要突破和应用。

由上面的讨论可以看出，符号方法与连接机制方法各有所长，也各有所短。符号方法善于模拟人的逻辑思维过程，求解问题时，如果问题有解，它可以准确地求出最优解，但是求解过程中的运算量将随问题复杂性的增加而呈指数性的增长；连接机制方法善于模拟人的形象思维过程，求解问题时，由于它可以并行处理，因而可以比较快的得到解，但该解一般是近似的，次优的。因此，如果能