

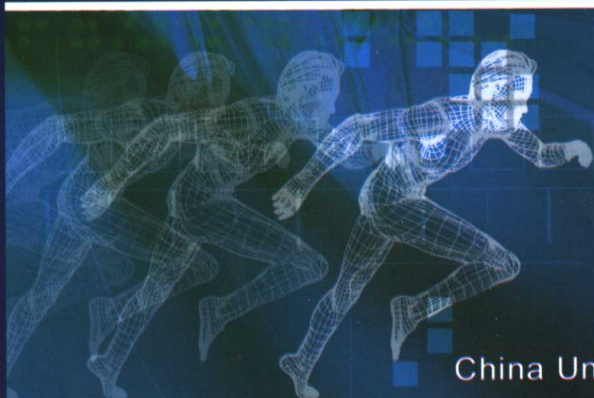


高等学校“十一五”规划教材

人工智能

Rengong Zhineng

李长青 主编



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

人 工 智 能

主 编 李长青
副主编 安葳鹏 郑 征

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是关于人工智能的一本入门书,主要介绍人工智能的基本理论、方法和应用技术,知识的产生式系统表示法、知识的状态空间表示法以及搜索问题讨论、知识的一阶谓词逻辑表示法、知识的语义网络表示法、知识的框架结构表示法、其他的知识表示法、专家系统的开发技术、PROLOG 程序设计语言。

本书可作为高等学校计算机科学与技术专业或相关专业高年级学生以及研究生的“人工智能”课程教材。亦可供从事人工智能研究和应用的科技工作者和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能/李长青主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2006.8

ISBN 7-81107-363-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077914 号

书 名 人工智能

主 编 李长青

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 430 千字

版次印次 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价 25.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

人工智能是计算机科学的一个重要分支,是当前科学技术发展中的一门前沿学科。它的出现以及所取得的成就引起了人们的高度重视,被认为是计算机发展的一个最终的根本目标。为适应这一计算机科学与技术发展的需要,根据我们多年来从事人工智能研究和教学的经验,参考了相关的资料,编写了适合本科教学的这本《人工智能》教材。

本书共分9章。第1章绪论,叙述了人工智能的概念、研究途径、研究内容、研究领域以及发展简史和发展趋势。第2章知识的产生式系统表示法,介绍了人工智能的知识的产生式系统表示方法。第3章知识的状态空间表示法及搜索问题讨论,介绍了人工智能的知识的状态空间表示方法、一般搜索原理和求解方法。第4章知识的一阶谓词逻辑表示法,讨论了人工智能的推理原理、各种推理方法。第5章知识的语义网络表示法,介绍了语义网络的基本概念、技术和方法。第6章知识的框架结构表示法,介绍了框架结构表示法的基本概念、技术和方法。第7章其他知识表示法,介绍了脚本、过程、Petri网以及面向对象表示法。第8章专家系统,介绍了专家系统的基本概念,知识的获取以及一些例子。第9章 PROLOG 程序设计语言,介绍了逻辑型程序设计语言 PROLOG 的语法、数据结构和程序设计。每章后面均配有习题,以帮助读者理解和掌握相关内容。本书力求概念清楚,通俗易懂,同时也考虑了一定的深度、广度和先进性。

本书由河南理工大学李长青教授任主编,安葳鹏副教授、郑征副教授任副主编。编写分工为:李长青编写第1章、郭海儒编写第2章、侯占伟编写第3章、安葳鹏编写第4章、田兵编写第5章、陈峰编写第6章、刘沛骞编写第7章、郑征编写第8章、孙君顶编写第9章。李长青教授对全书进行了修改和统稿。

在本书的编写过程中得到了河南理工大学的领导和教务处以及计算机学院的大力支持,在此表示衷心感谢。由于编写时间仓促,书中一定有不少错误和缺点,敬请读者批评指正。

编者

2006.6

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 人工智能的界定	(1)
一、什么是人工智能	(2)
二、人工智能的研究目标	(2)
三、人工智能中的通用问题求解方法	(3)
第二节 人工智能的学科范畴	(6)
一、人工智能的研究范畴	(7)
二、人工智能技术的应用	(10)
第三节 人工智能的研究方法	(13)
一、人工智能研究的特点	(13)
二、人工智能的研究途径	(14)
第四节 人工智能的发展简史和趋势	(17)
一、人工智能的发展简史	(17)
二、人工智能的发展趋势	(21)
本章小结	(22)
习题一	(22)
第二章 知识的产生式系统表示法	(23)
第一节 知识与知识表示的概念	(23)
一、知识	(23)
二、知识的表示	(26)
第二节 产生式表示和产生式系统	(28)
一、产生式表示的基本方法及特性	(28)
二、产生式系统的组成	(29)
三、产生式系统的推理	(36)
四、产生式系统举例	(40)
五、产生式系统的分类	(44)
六、产生式系统的特点	(48)
本章小结	(48)
习题二	(49)
第三章 知识的状态空间表示法及搜索问题讨论	(50)
第一节 状态空间表示知识	(50)

一、状态空间表示知识要点	(50)
二、状态图搜索	(51)
三、状态空间表示知识举例	(51)
第二节 搜索问题讨论	(57)
一、搜索与思维过程	(57)
二、搜索过程	(58)
第三节 图搜索	(59)
一、显式图与隐式图	(59)
二、“隐式图”求解问题的一般过程	(59)
三、广度优先搜索流程图	(60)
四、深度优先搜索流程图	(61)
第四节 回溯策略	(62)
第五节 状态空间的与/或树表示法	(66)
一、分解(与树)	(66)
二、等价变换(或树)	(66)
三、与或树	(66)
第六节 状态空间的与/或树搜索策略举例	(70)
第七节 启发式搜索	(73)
一、A 算法和 A* 算法的定义	(73)
二、A 算法	(74)
三、A* 算法	(74)
本章小结	(78)
习题三	(78)
 第四章 知识的一阶谓词逻辑表示法	(79)
第一节 一阶谓词逻辑基本理论	(79)
一、命题与联结词	(79)
二、个体词与谓词	(81)
三、量词	(82)
四、谓词公式	(82)
五、谓词公式的永真性与可满足性	(83)
六、谓词公式的等价性与永真蕴涵性	(84)
七、谓词公式的范式	(85)
八、置换与合一	(86)
第二节 确定性推理	(89)
一、推理的基本概念	(90)
二、推理方法及分类	(90)
三、推理的控制策略及分类	(92)
四、推理的冲突消解策略	(92)

第三节 自然演绎推理	(93)
第四节 归结演绎推理	(94)
一、子句集及其化简	(94)
二、海伯伦理论	(96)
三、鲁宾逊归结原理	(98)
四、命题逻辑中的归结原理	(98)
五、谓词逻辑中的归结原理	(101)
六、基于归结的问题求解方法	(104)
七、归结演绎推理的归结策略	(106)
第五节 基于规则的演绎推理	(111)
一、规则演绎推理的分类	(111)
二、规则演绎推理的剪枝策略	(116)
本章小结	(119)
习题四	(120)
 第五章 知识的语义网络表示法	(122)
第一节 语义网络的基本概念	(122)
一、基本事实的表示	(123)
二、表示情况和动作	(125)
三、多元语义网络的表示	(126)
四、连接词与量词的表示	(127)
第二节 语义网络的推理(过程)	(130)
一、继承	(131)
二、匹配	(132)
第三节 语义网络表示知识的特点	(134)
本章小结	(134)
习题五	(135)
 第六章 知识的框架结构表示法	(136)
第一节 框架理论概述	(136)
一、框架理论	(136)
二、框架表示知识	(137)
第二节 框架网络系统	(140)
一、框架网络	(140)
二、框架系统中的预定义槽名	(141)
三、框架系统的程序语言实现	(147)
第三节 框架推理	(147)

一、框架表示知识下的推理方法	(147)
二、槽值的计算	(150)
三、不确定性知识的框架表示	(151)
四、框架的不确定性匹配	(152)
五、框架语义网络	(154)
第四节 框架结构表示知识的特点和局限性	(155)
一、框架表示法的特点	(155)
二、框架系统的局限性	(155)
本章小结	(156)
习题六	(156)
 第七章 其他知识表示法	(157)
第一节 脚本表示知识法	(157)
一、什么是脚本表示知识法	(157)
二、脚本的推理	(158)
第二节 过程表示知识法	(159)
一、什么是过程表示知识法	(159)
二、过程表示法的推理形式	(159)
三、过程表示法的应用特性	(161)
第三节 Petri 网表示法	(162)
一、Petri 网及其表示知识的方法	(162)
二、一个实例——使用 Petri 网建模的知识表示	(163)
三、Petri 网表示知识的特点	(164)
第四节 面向对象表示知识法	(164)
一、面向对象知识表示概念	(164)
二、对象模型技术概述	(167)
三、面向对象知识表示与语义网络、框架系统的比较	(168)
本章小结	(168)
习题七	(169)
 第八章 专家系统	(170)
第一节 专家系统的定义与分类	(170)
一、什么是专家系统	(170)
二、专家系统的产生和发展	(171)
三、专家系统的组成	(173)
四、专家系统的分类	(174)
五、专家系统的主要特征	(176)

六、专家系统的开发过程	(177)
第二节 知识的获取	(179)
一、知识获取的方式	(179)
二、知识获取的步骤	(180)
第三节 专家系统的评价	(182)
一、专家系统的评价方法	(182)
二、专家系统的评价内容	(182)
三、专家系统的评价指标	(183)
第四节 专家系统设计举例	(185)
一、动物识别系统	(185)
二、水泥回转窑生产指导专家系统	(188)
第五节 专家控制系统	(195)
一、专家控制系统的工作原理	(195)
二、专家控制系统的类型	(199)
三、直接专家控制系统	(199)
四、间接专家控制系统	(203)
五、实时专家控制系统	(206)
第六节 专家系统的开发工具	(212)
一、骨架型开发工具(专家系统外壳)	(213)
二、知识获取辅助工具	(214)
三、模块组合式开发工具	(214)
四、用于开发专家系统的程序设计语言	(214)
第七节 新一代的专家系统	(215)
一、深层知识专家系统	(215)
二、模糊专家系统	(215)
三、神经网络专家系统	(216)
四、大型协同分布式专家系统	(217)
五、网上(多媒体)专家系统	(217)
六、与模型技术结合	(217)
七、专家系统与 3S 技术结合	(217)
第八节 专家系统存在的问题及发展趋势	(218)
一、存在的问题	(218)
二、研究方向	(219)
本章小结	(220)
习题八	(220)

第九章 PROLOG 程序设计语言

(222)

第一节 PROLOG 语言概述

(222)

一、PROLOG 语言发展概况	(222)
二、PROLOG 语言的特点	(223)
第二节 逻辑型程序设计语言 PROLOG	(224)
一、PROLOG 的语句	(224)
二、PROLOG 程序	(226)
三、PROLOG 程序设计基础	(227)
四、Turbo PROLOG 程序设计	(230)
第三节 PROLOG 的语法与数据结构	(235)
一、PROLOG 语法	(235)
二、结构与树	(237)
三、表处理与递归	(238)
四、动态数据库	(241)
第四节 PROLOG 的系统谓词	(242)
一、算术运算谓词	(242)
二、函数性谓词	(243)
三、比较运算谓词	(244)
四、输入与输出谓词	(245)
五、文件处理谓词	(247)
六、分类项谓词	(247)
第五节 PROLOG 的搜索控制	(248)
一、PROLOG 的搜索和回溯	(249)
二、PROLOG 的搜索控制谓词	(250)
第六节 PROLOG 程序设计举例	(254)
一、PROLOG 简单程序设计	(254)
二、量水问题	(257)
三、梵塔问题	(260)
四、八皇后问题	(261)
本章小结	(263)
习题九	(263)
参考文献	(265)

第一章 绪 论

【本章重点】 人工智能的基本概念、基本内容;人工智能学科的建立和发展;智能外表的特征:感知能力、记忆与思维能力、自适应能力、行为表达能力;人工智能学科的研究范围。

【本章难点】 智能外表的特征:感知能力、记忆与思维能力、自适应能力、行为表达能力。

人工智能(Artificial Intelligence,缩写 AI)是一门正在发展中的综合性的前沿学科,是计算机科学与技术学科以及控制理论与控制工程领域的一个重要的研究方向,主要研究如何使用机器(计算机)来模拟和实现人类的智能行为。是在计算机、控制论、信息论、数学、心理学、哲学、语言学等学科相互综合、相互渗透的基础上发展起来的一门新兴边缘学科。

自 1956 年人工智能学科诞生至今已经走过了曲折的 50 年,其间风风雨雨,高潮低潮几经交替。遇到过不少的争论、困难和挑战,同时也获得了迅速的发展,在很多领域得到了广泛的应用。有人讲 3 次工业革命主要是放大了人类的体能,把人类从繁重的体力劳动中解脱出来;而人工智能技术则试图延伸人类的脑力劳动,实现脑力劳动的自动化。现在已经部分地实现了人类脑力劳动的自动化。

本章将对人工智能学科做一简要的回顾,介绍智能系统所要研究的问题以及应用范围等。

第一节 人工智能的界定

人类的自然智能伴随着人类的活动无处不在,如解题、下棋、猜谜、讨论问题、编制计划、编制程序、驾车等都需要智能。因此,智能活动是和人类的各项活动紧密联系在一起。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。不仅如此,人们更希望建立一种“智能”的模型,以便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。经过成千上万年的不断努力,人们构造出了可以机械地进行一定算术运算的“分析机”。Babbage 的分析机是现代意义上计算的第一个重要成果。基于这一成果,经过人们多年的努力以及各种相关条件的不断成熟,人类实现了第一代计算机。在晶体管发明后,人们很快就研制出了体积更小的第二代计算机,这些计算机主要用于商业数据处理等领域。经过 10 年左右的时间,当集成电路出现以后,第三代计算机进入工商业应用。这些计算机具有极强的功能,可以实时地进行大量的计算。很多的电子机械机器人就是用这些计算机设计成功的。又经过了 10 年左右的时间,随着高速 VLSI 的出现,第四代计算机诞生了。之后人们研究出电子机器人,它通过摄像机来对物体定位,并把物体放在需要和合适的位置上。在 1981~1990 年期间,人们开始了第五代计算机计划或类似的高技术计划。第五代计算机除了要具有第四代计算机所有的能力外,还需要能够处理“智能”。当前的计算机可以处理自然语言、玩游戏、识别物体的图像和证明数学定理等,所有这些都是人工智能的研究领域。那么到底什么是人工智能

呢？下面就来讨论这个问题。

一、什么是人工智能

John McCarthy 给出了“Artificial Intelligence”这一术语已经约 50 年了，像许多其他新兴学科一样，到目前为止一直没有一个简明的和形式的定义。不同学科背景的学者对人工智能有不同的理解，提出了不同的观点，下面是一些比较典型的观点：

定义 1-1 智能机器(Intelligent Machine):能够在各类环境中自主或交互地执行各种拟人任务(Anthropomorphic Tasks)的机器。

定义 1-2 人工智能(学科):人工智能是计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。它的近期主要目标在于研究用机器来模拟和执行人脑的某些智能功能，并开发相关理论和技术。

定义 1-3 人工智能(能力):人工智能是智能机器所执行的通常与人类智能有关的智能行为，如判断、推理、证明、识别、感知、理解、通信、设计、思考、规划、学习和问题求解等思维活动。

定义 1-4 人工智能是一种使计算机能够思维、使机器具有智力的激动人心的新尝试。

定义 1-5 人工智能是那些与人的思维、决策、问题求解和学习有关的自动化。

定义 1-6 人工智能是用计算模型进行智力行为研究。

定义 1-7 人工智能是研究那些使理解、推理和行为成为可能的计算。

定义 1-8 人工智能是一种能够执行需要人的智能的创造性机器的技术。

定义 1-9 人工智能研究如何使计算机做事让人过得更好。

定义 1-10 人工智能是一门通过计算过程力图理解和模仿智能行为的学科。

定义 1-11 人工智能是计算机科学中与智力行为自动化有关的一个分支。

这些定义反映了人工智能学科的基本思想和基本范畴。

虽然有很多关于 AI 的定义，但是没有一个定义能够被广泛地接受，这可能是因为这些定义都涉及到了“智能”这一概念。目前，“智能”还是一个抽象的、不可测量的量。因此一个好的 AI 定义，可能需要首先对“智能”给出形式的定义。

心理学家和认知科学家认为，“智能”能够帮助人们在做决策时选择合适的知识。因此可以认为：AI 是在机器上对人类智能的仿真或模拟，以使机器可以在求解问题时有效地选择和使用正确的知识。

二、人工智能的研究目标

根据人工智能的定义，可以广义地讲，人工智能是人类在机器上对智能行为的研究和模拟，是人类创造智能物体的行为。而智能行为包括了感知、推理、学习、规划、交流和在复杂环境中的行为。A. Solman 对人工智能给出了 3 个目标：对智能行为有效解释的理论分析；解释人类智能；构造智能的人工制品。因此，人工智能的一个长期目标就是发明像人一样或能更好地完成上述行为的机器；另一个长期的研究目标是探讨智能的机理、研究这些智能行为是否存在于机器、人类或其他的动物中。因此，人工智能的长期研究目标包含了工程和理论科学的双重目标。

从前面什么是人工智能的讨论可以看出，人们围绕“什么是 AI”，还有很多的争议，这些

争议也说明人类还处在对智能的研究和探索阶段,要真正实现人工智能还需要很长的时间,需要做出很大的努力。但是,这并不能说人类目前对智能的研究成果不能为我们所用。这些成果同样能被用来改造其他技术,改善人类的生活。因此,人工智能也应该有其近期的可见的目标:使现有的计算机更聪明或者说更好用。如使计算机具有看、听、说、写等感知和交互功能;具有联想、推理、分析、学习等高级思维能力;还需要有分析问题、解决问题和发明创造能力。也就是使计算机能够像人一样具有自动发现规律和利用规律的能力。从目前计算机的研究中已经可以看到人工智能很多成功的应用,如各种专家系统的使用、智能机器人的应用等。这些都为今天的计算机应用提供了很大的支持。

既然人工智能的研究有工程和理论科学的双重标准,那么关于人工智能的研究至少有两个研究方向。方向之一为大脑模型的研究,它一般采用仿生学的观点和方法,把大脑的微观结构和宏观功能统一起来进行研究,希望制成一种类似于大脑的机器。方向之二为计算智能的研究,用计算机科学的观点和方法,撇开大脑的微观结构,单纯地进行大脑的宏观功能的模拟。

一般认为,计算智能就是有关智能体 Agent 的设计与研究,有时用来指人工智能。采用计算智能[或合成智能(Synthesis Intelligence)]也可以把关于智能的计算假设通过其名字显式地表现出来。

有人认为,“人工智能”的名字常常是引起很多混淆的根源。他们认为:很难说人工智能就是真正的智能。正如人工珍珠是假的而不是真的珍珠一样。对名字的混淆,部分原因是由于研究的目的和方法的混淆。这里的目的是如何理解智能的行为,而方法是设计、建造和验证计算模型,这些模型可以执行常常被认为是需要智能的任务。另外一个不用“人工”的原因是它意味着对智能的模拟。我们的目标不仅是要模拟智能,而是通过合成来理解真正的(自然的或合成的)智能系统。

最显而易见的智能体 Agent 就是人类自身,很多人都认为狗有智能,但是却并不认为蠕虫、昆虫等具有智能。还有一类智能可能比人具有的智能更庞大,这就是组织(Organizations)。蚂蚁群是典型的组织,每个单独的蚂蚁并不具有多少智能,但是一个蚂蚁群的行为要比单个蚂蚁具有更多的智能。一个蚁群可以发现食物并且可以非常有效地使用它,而且可以自动适应环境的变化。类似地,公司也可以开发、制造、分销其产品,所需要的大量的技术和技巧是个人所难以理解的。现代的计算机,从底层的硬件到高层的软件,非常复杂,超出了我们个人所能理解的范围。人类社会可以看作是由多个 Agent 组成,可能是已知的最有智能的系统了。如何理解和建造这些系统,也正是人工智能的一个研究目标。

三、人工智能中的通用问题求解方法

为了更好地理解到底什么是 AI,我们可以通过一些具体的问题来进一步说明。AI 中的问题常常用到一个词:“状态”(State)。一个状态表示系统在求解问题的过程中,在某一步骤或某一时刻,对问题解答(Solution)的状况(Status)。因此,问题的答案就是问题状态的汇集,问题的求解过程就是对某一状态应用操作符得到下一个状态,然后对该状态应用一个新的操作符得到一个新的状态的过程。把操作符应用于某个状态并转换到下一个状态的过程会一直进行下去直到达到目标状态。这种求解问题的方法称为状态空间方法。

例 1-1 考虑三数码问题:有 4 个格子,在其中的 3 个格子里放入数字,另一个为空,游

游戏的初始状态和目标状态表示如图 1-1 所示。问题是：要求从给定的初始状态到达目标状态。如果可能，给出最小的步数。



图 1-1 三数码问题(其中 B 表示空格)

(a) 初始状态; (b) 目标状态

操作符的定义为：空格左移(BL)、空格右移(BR)、空格上移(BU)和空格下移(BD)。使用这些操作符的状态空间(树)表示如图 1-2 所示。问题的算法描述如下：

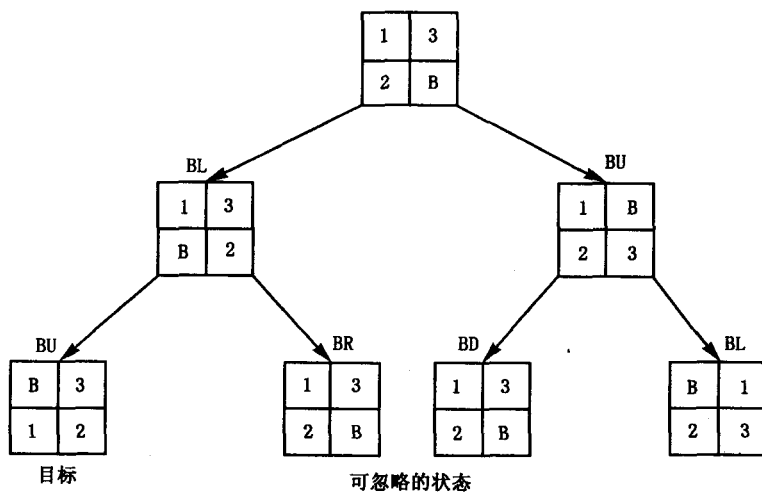


图 1-2 三数码问题的状态空间

Algorithm for solving state_space problem

{Begin

1. State = initial_state;

Existing_state = state ;

2. while state != final_state do

{Begin

(1) Apply operations from the set {BL, BR, BU, BD} to each state
so as to generate new_states

(2) if new_state $\cap$ the existing_states $\neq \emptyset$

Then do

{Begin state = new_states - existing_states;

```
existing_states = existing_states  $\cup$  {state}  
End ;}  
End While ;}  
End. }
```

因此,求解状态空间问题的方法是确定操作符的集合,并把它们应用于合适的状态。

人工智能的研究者为了更好地对 AI 问题进行研究,把人们所面临的问题分为 AI 问题 和非 AI 问题。通常,对于那些不存在直接的数学或逻辑算法并且只可以通过直觉的(Intu- itive)方法求解的问题称为 AI 问题。例如,三数码问题是一个典型的 AI 问题,它没有形式 化的实现算法,即给定初始状态和目标状态,在任务执行之前不能确定从初始状态到达目 标状态所需要的步骤序列,这种问题称为理想的(Ideal)AI 问题。著名的量水问题、旅行商问 题、八皇后问题都是典型的古典 AI 问题。非古典 AI 问题,包括诊断问题和模式分类问题 等。为了求解 AI 问题,人们可能会采用 AI 算法或非 AI 算法。简单地说,AI 算法一般是指 问题求解中的非常规的直觉方法,AI 方法的关键是智能搜索和匹配。在一个智能搜索问 题或子问题中,给定一个目标(或初始)状态,必须能够从一个或多个已知的初始(或目标)状 态到达该状态。例如,对于三数码问题,已知目标状态,必须说明从预先给定的初始状态如 何到达目标状态。在这个过程中,产生的状态数量越少,AI 算法就越好。这样人们自然会 问:怎样控制状态的生成?事实上,这可以通过设计合适的控制策略实现:从大量的由初 始或中间状态产生的合理的状态中删除掉一些状态。那么,是否总能从这些生成的状态中 选出正确的状态并且保证这些状态不被删除呢?一般来说“并非总能”。在产生一些状态 后,如果发现离目标更远了,就可能返回到原先的更可能达到目标的状态。这种想法已经在 很多的智能搜索算法中实现了。下面是一些著名的搜索算法:

(1) 生成与测试。该方法关心的是从问题已知的初始状态开始,扩展推理空间直到目 标结点或到达终止状态的状态空间的生成。在生成每个状态后,该结点都要与已知的目 标结点相比较。当目标找到后,算法终止。当有多条路径可以到达目标结点时,则选择从初 始结点或根结点到目标结点具有最小距离的路径。该方法中所使用的基本策略仅仅是生成状 态并与目标状态进行测试比较,但是它并不允许删除结点。

(2) 爬山算法。在该方法中,首先必须生成一个初始状态,并测出从给定的初始结点到 达目标结点总的费用。假设费用为 f 。当 f 小于等于某个预先定义的值,并且还没有达到目 标时,生成当前结点的子结点作为新的结点。然而,当所有的邻近结点具有相同的 f 值,而 且还没有到达目标结点的情况下,该搜索算法处于一个小丘或局部极值。克服该问题的一 种方法是随机地选择一个新的初始结点,然后继续上述搜索过程。

(3) 启发式搜索。古典的启发式是指大拇指规则。在启发式搜索中,常常使用启发式 函数,从多个候选状态中选择更好的状态。换句话说,启发式函数的目的就是测量候选状态 的合适性(Fitness)。为了到达目标状态,中间状态的数量越少,状态的选择越好。但是,在 启发式搜索中,最困难的任务是启发式函数的选择。对启发式函数的选择一般是凭直觉和 经验,以便在大多数有希望的情况下,能够正确地缩小搜索空间。

(4) 方法与目的分析。该搜索方法是通过减少当前状态和目标状态之间的差距来实现 的。一种简单的方式是测量当前状态与目标状态之间的距离,然后再对当前状态选择合适的 操作符,以减少结果状态和目标状态之间的距离。人们在对很多数学定理的证明中都使

用了该方法。

除了上面的智能搜索算法以外,在 AI 中还有一些很好的问题求解技术,如问题分解和约束满足。

(5) 问题分解。问题分解是指把一个问题分成一组独立的子问题,然后把这组子问题继续分成更小的子问题,循环往复,直到已分解的子问题能够被求解或者说有现成的求解方法。

(6) 约束满足。约束满足是指通过满足一组约束条件来找到问题的解答。在 AI 中有很多流行的约束满足技术,例如约束满足层次方法(HACS)。给定问题和一组约束,HACS 把问题分解成子问题,标注可应用于被分解问题的约束并随着分解过程向下传播。继续该过程,把子问题接着分解为更小的问题并且把约束通过“子孙”向下传播,直到所有的约束被满足。

例 1-2 根据下面的约束计算 X_1, X_2 。

$$\{X_1 \geq 2, X_2 \geq 3, X_1 + X_2 \leq 6, X_1, X_2 \in I\}$$

为求解该问题,把 $\geq$ 分解为 $>$ 和 $=$,如图 1-3 所示。

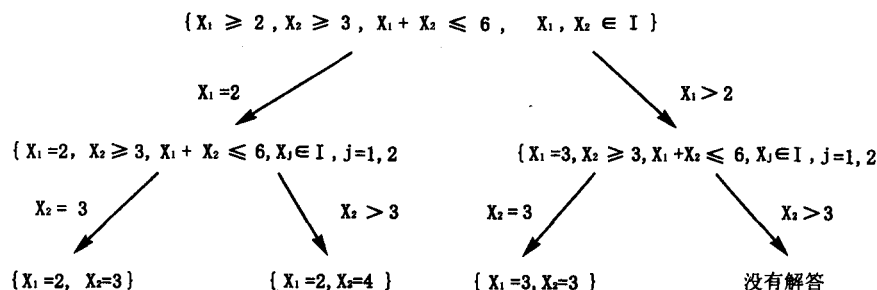


图 1-3 约束树

在图 1-3 所示的约束树中,我们总是试图在弧的下端满足父约束中传播来的约束并减少约束集合。该过程一直进行下去,直到约束集合最小,即不能分解成更小的集合为止。

有很多的 AI 问题可以用非 AI 方法进行求解,如旅行商问题,这是一个优化问题,可以用很多的非 AI 方法求解。但是 Rich 认为,由于下面的原因对于该问题采用邻近搜索 AI 方法(Neighborhood Search AI Method)是有用的。设计的算法对时间的需求应该是问题大小(维数)的多项式(而不是指数级的)函数,否则就会产生所谓的组合爆炸。另外,求解 AI 问题所使用的变量的个数应该最少,并且不应随着维数而增加。对 AI 问题来说,非 AI 算法很难满足上面两个需求。因此,AI 问题最好还是用 AI 方法来求解。

第二节 人工智能的学科范畴

人工智能是一门新兴的边缘学科,是自然科学和社会科学的交叉学科。它吸取了自然科学和社会科学的最新成就,以思维与智能为核心,形成了具有自身研究特点的新的体系。

人工智能的研究涉及广泛的领域,如各种知识表示模式、不同的智能搜索技术、求解数据和知识不确定问题的各种方法、机器学习的不同模式等。人工智能的应用领域包括专家系统、博弈、定理证明、自然语言理解、图像理解、机器人等。

人工智能也是一门综合性的学科,它是在控制论、信息论和系统论的基础上诞生的、它涉及哲学、心理学、认知科学、计算机科学、数学以及各种工程学方法,这些学科为人工智能的研究提供了丰富的知识和研究方法。图 1-4 是与人工智能有关的学科以及人工智能的研究和应用领域的简单图示。

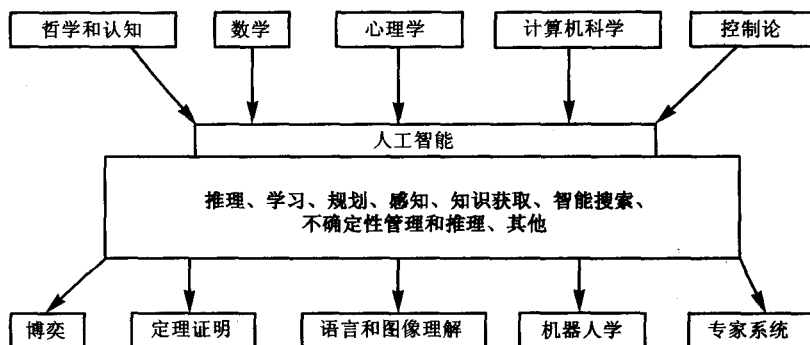


图 1-4 人工智能及其相关学科以及研究和应用领域

一、人工智能的研究范畴

人工智能作为一门学科最初是由博弈和定理证明提出的,并且是从其他学科获得了大量的养料而不断发展壮大的。但是作为一门相对年轻的学科,本学科的研究重点随着时间的变化也正发生着很大的变化。目前,对更好地理解人工智能有所帮助并且值得去研究的问题有很多,下面列出了其中的一部分。

(一) 机器学习(Machine Learning)

在人工智能所涉及的领域中,机器学习需要特别指出来。所谓机器学习就是让计算机能够像人一样自动地获取知识,并在实践中不断地完善自我和增强能力。机器学习是机器具有智能的根本途径,只有让计算机系统具有类似人的学习能力,才有可能实现人工智能的最终的研究目标,即建造人工智能人。所以,机器学习成为人工智能研究的核心问题之一,同时也是目前人工智能理论研究和实际应用的主要瓶颈之一。

通过一个孩子向其母亲学习发音的过程可以说明学习的基本概念。孩子的听力系统听到“我”的发音并试图去模仿该发音,母亲的发音和孩子的发音的不同,称为误差(Error)信号,孩子的学习系统会通过听觉神经感受到该误差信号,然后由学习系统产生刺激信号,以调控孩子的发音。该过程会一直进行下去,直到误差信号很小或可以接受。声音系统每次都会经过一个调整循环周期,孩子发出“我”的时候舌头的位置会由学习过程保留下来。

上面的这种学习过程就是所谓的有参学习(Parametric Learning):自适应的学习系统自动地调控孩子的声音系统的参数,以保证和“样本训练模式”一样或接近。我们知道,人工神经网络是用电子信号模拟生物神经系统,由于它不断地应用于有监督的(Supervised)或