

普通高中课程标准实验教科书

信息技术

选修 5

人工智能初步

高一高二年级用



上海科技教育出版社

编写人员名单

主 编：应吉康

主要编写人员：陈向东 王 菲 杜文彪

上海科技教育出版社欢迎广大师生来电来函指出教材的差错和不足,提出宝贵意见。

上海科技教育出版社地址:上海市柳州路218号。

邮政编码:200235。

联系电话:021-64367970转202分机。

传真电话:021-64702835。

写给学生的话

亲爱的同学们：

你是否与智能机器人聊过天？你是否曾与计算机对弈，或者使用过其他号称具有“智能”的产品？

自古以来，人类一直梦想能够制造出可以模拟人类思维的机器，并且为此进行了长期的努力。自从产生了电子计算机，人类才第一次具有了模拟人类自身智能的可能。如今，会下棋的计算机可以打败世界级大师，计算机专家系统可以帮助医生诊断病情，日常的生活用品也因为嵌入了计算机芯片而被赋予了“智能”……可见计算机可以完成原本只能由人类来完成的任务。

计算机到底能够在多大程度上完成人类的工作？机器能真正拥有人类的智能吗？到底怎样才算是具有智能？如何才能实现这种智能？将来的计算机会比人更聪明吗？这会对人类造成什么样的影响？……

当你循着《人工智能初步》课本中“活动”的足迹——
从身边的各种场所，探寻到人工智能的“身影”；
使用一些诸如聊天机器人、对弈软件、简单的专家系统等具有初步人工智能特征的软件，体验人工智能的魅力；
用人工智能语言尝试编写简单的程序；
亲手设计、编写简单的专家系统；
……

你一定会发现，人工智能虽然是前沿学科，但它并非那么神秘莫测，人工智能技术就存在于我们的日常生活中，始终与实际应用紧密联系着。

学习人工智能技术，你就能发现，可以用一种人工智能语言来解决简单的问题。
学习人工智能技术，你就能发现，可以用简单的专家系统外壳开发简单的专家系统，为工作、学习、生活服务。

学习人工智能技术，你就能感受到它的魅力，从而产生对信息技术发展前景的向往和对未来生活的追求。

为使你在“做”中学人工智能有更大的收获，课本里安排了这样一些栏目：



情 景 每章开头都写了简短的引言,介绍了需要了解的知识和相关问题的来源。



活 动 通过活动,引领学生学习每一章中每一节的主体内容。在这一实践园地里,你与同伴将共同合作经历这样的过程:探索解决问题的方法,产生主动学习相应技术的欲望,尝试选择合适的手段和方法解决问题、完成活动……



提 示 板 在你解决问题、完成活动的过程中伴你同行,适时地在技术上给你提个醒或适当地为你释疑解惑。



学习指引 为你解决问题、完成活动提供技术知识的支持,为你形成技术能力和能力的迁移提供具体的帮助。



体验活动 为你提供不同程度的实践机会。你可以根据自己的需要作出选择,使自己的技术本领得到发挥。



后续活动 设在每章之后,为你与同伴综合运用相应技术合作解决问题,提供了实践机会。



评 价 是你关注自己学习过程的向导,有助于你感受探索的乐趣,总结学习技术、运用技术解决问题的经验,体会成功的喜悦。



参考资料 设在每章最后,旨在拓展相关内容,反映人工智能技术的最新发展动态。

在这些栏目的帮助下,相信你一定能很快掌握人工智能技术思想方法,为以后进一步学习打下坚实的基础。

编 者

目录



第 1 章 初识人工智能	1
第一节 什么是人工智能	2
活动 与网络上的聊天机器人聊天	2
学习指引	3
■ 什么是智能	3
■ 人类智能的特征	3
■ 人工智能	4
■ 人工智能与计算机发展的关系	5
第二节 人工智能常见的研究与应用领域	6
活动一 与计算机下一盘棋	7
活动二 文字识别与机器翻译	8
活动三 了解各种各样的机器人	8
学习指引	10
■ 问题求解	10
■ 模式识别	10
■ 自然语言理解	11
■ 自动定理证明	11
■ 智能代理	11
■ 机器人学	12
■ 专家系统	12
■ 自动程序设计	12
■ 人工神经网络	13
■ 机器学习	13
■ 深度学习	13
后续活动	14
评价	15
参考资料	16
第 2 章 知识的表示	19
第一节 知识及知识的表示	20
活动 描述计算机硬件构造的知识	20
学习指引	21
■ 知识及知识的特征	21
■ 知识·信息·数据	21
■ 知识的分类	22
■ 知识的表示方法	22
第二节 框架表示法	23
活动 名片的框架表示	23
学习指引	24

■ 框架的定义及组成	24
■ 框架理论	25
■ 框架表示法举例	25
■ 框架表示法的特点	26
第三节 产生式表示法	27
活动 识别动物	27
学习指引	27
■ 产生式表示法的基本形式	27
■ 产生式表示法举例	28
■ 产生式表示法的特点	30
第四节 状态空间表示法	31
活动 走迷宫	31
学习指引	32
■ 状态空间表示法	32
■ 状态空间表示法表示问题的步骤	33
第五节 与/或图表示法	34
活动 解三层汉诺塔问题	34
学习指引	35
■ 与/或图表示法	35
■ 使用与/或图表示问题	37
第六节 谓词逻辑表示法	42
活动 比较自然语言表示与谓词逻辑表示	42
学习指引	42
■ 谓词逻辑表示法的组成	42
■ 用谓词逻辑表示知识的步骤	44
■ 谓词逻辑表示法的特点	44
后续活动	45
评价	46
参考资料	47
第3章 人工智能语言	49
第一节 认识 Prolog 语言	50
活动 启动和运行 Visual Prolog	50
学习指引	51
■ Prolog 语言概述	51
■ Prolog 语言的基本语法	52
■ Prolog 的数据结构	55
■ Prolog 程序示例	57
第二节 Prolog 程序的编写	58
活动 编写 Prolog 程序	58
学习指引	60

■ Prolog 的运行机制	60
■ 用 Prolog 解决递归问题	62
后续活动	64
评价	65
参考资料	66
第 4 章 推理与专家系统	67
第一节 了解专家系统	68
活动一 向专家请教	68
活动二 使用专家系统	69
学习指引	71
■ 什么是专家系统	71
■ 专家系统的基本结构	71
■ 专家系统与传统程序的区别	73
■ 专家系统的解释	74
■ 知识的获取	75
第二节 专家系统中的推理	78
活动 动物识别的正向推理	78
学习指引	79
■ 正向推理和逆向推理	79
■ 不确定推理	83
第三节 简单专家系统的开发	86
活动 创建动物识别专家系统	86
学习指引	87
■ 专家系统的开发工具	87
■ 用专家系统外壳开发专家系统的步骤	88
■ 适于专家系统求解的问题	89
后续活动	90
评价	92
参考资料	92
第 5 章 通过搜索求解问题	95
第一节 状态空间搜索	96
活动 迷宫问题的盲目搜索	96
学习指引	98
■ 搜索的种类	98
■ 有关状态空间图的术语	98
■ 状态空间搜索的思想	99
■ 盲目搜索	99
■ 启发式搜索策略	105
第二节 求解博弈问题	107
活动 井字棋游戏	107

学习指引	109
■ 博弈问题实例分析	109
■ 极大极小值法	110
■ 计算机博弈程序	111
后续活动	112
评价	113
参考资料	114
附录 部分名词术语中英文对照	118

第1章

初识人工智能



如今的计算机外观各异、种类繁多,能够完成各种各样的工作。办公室的计算机可以帮助人们自动检查文档中的拼写错误;会下棋的计算机可以打败世界级大师;由计算机控制的机器人能够以最快的速度接收地球上的工程师发出的指令,在其他星球上进行探索。在计算机时代到来之前,所有的这些工作只能由人类来完成。

计算机到底能够在多大程度上完成人类的工作?这样的情况能说明机器具有智能吗?到底怎样才算是具有智能?具有智能的计算机有什么用处?具有了智能的机器又会对人类造成什么样的影响呢……有一门学科考虑的就是诸如此类的问题,这门学科就是人工智能。

让我们走进人工智能世界,一同感受人工智能技术的无穷魅力和应用能力。

学习目标

- ★ 知道人类智能的特征。
- ★ 了解人工智能的概念与基本特点。
- ★ 了解人工智能常见的研究与应用领域。

第一节 什么是人工智能

几个世纪以来,人类依靠自己的智慧,发明了许多动力机器,使人类能够从许多繁重的生产劳动中解放出来。计算机是人类发明的一个信息处理的工具,人脑也是一个信息处理的器官,目前计算机已经解放了人类大量的重复性的脑力劳动。那么,用计算机来进一步代替人脑,实现人脑的部分功能,例如用计算机模拟思维,产生智能行为,能否取得成功呢?

提 示 板

聊天机器人(chatbots)实际上是一套软件,它可以与用户通过自然语言交流。

活动 与网络上的聊天机器人聊天

1. 分组活动,每组4~7人。讨论:如果知道聊天的对象是网络上的一个聊天机器人,想问它哪些问题?
2. 将讨论确定后的问题列在下表中。如果是与英文网站上的聊天机器人聊天,需把这些问题翻译成英文。

编号	问 题	英 语
1	你叫什么名字?	What's your name?
2	你有什么爱好?	Can you tell me your hobbies?
3		
4		
5		
6		
7		
8		

3. 找一个有聊天机器人的网站。登录该网站,用以上问题与它交谈,看看它能回答哪些问题。将你与机器人问答过程和内容记录下来。



图 1-1 有聊天机器人的英文网站



图 1-2 有聊天机器人的中文网站

问答过程	问答内容
机器人的发言	Hello, my name is Chatbot. What's your name?
你的发言	
机器人的发言	



讨论

通过与聊天机器人聊天,你认为它具有人类的智能吗?为什么?



学习指引

■ 什么是智能

对于智能,通常可以理解为知识和智力的总和,其中,智力是获取知识并运用知识求解问题的能力。也可以这样说,智能是人在认识和改造客观世界的活动中,由思维过程和脑力劳动所体现出来的智慧和能力。

■ 人类智能的特征

人类智能主要体现在感知能力、记忆与思维能力、学习能力以及行为能力等几个方面。

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,是人类获取外部信息的根本保障。人类就是通过感知取得信息,再经过大脑加工来获得大部

分知识的。

记忆与思维能力是人脑最重要的功能,也是人类之所以有智能的根本所在。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加工、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。

学习能力是人类获取新知识、学习新技能,并且能够在实践中不断自我完善的能力。人们的学习是通过与环境的相互作用而进行的,既可能是自觉的、有意识的,也可能是不自觉的、无意识的。

行为能力是人们对感知到的外界信息的一种反应能力。它包括用嘴发声、用眼睛观察、用肢体做出各种动作等行为。

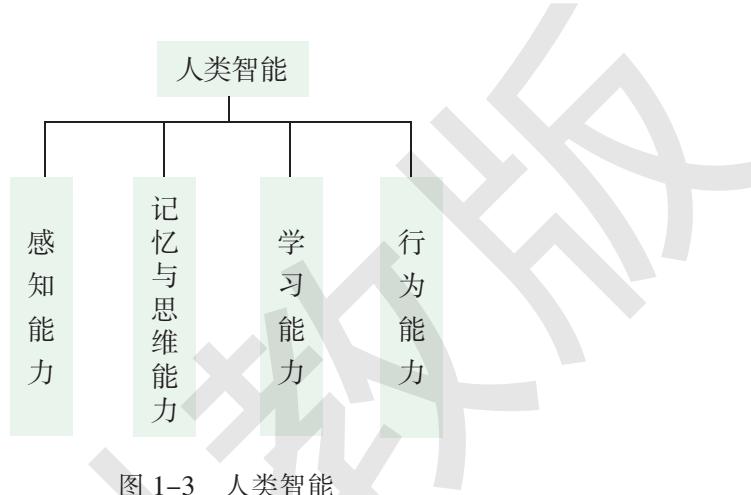


图 1-3 人类智能

■ 人工智能

1. 什么是人工智能

通常,我们把利用机器(计算机)来模拟、实现的智能,特别是人类的智能,称为人工智能(*artificial intelligence*,简称AI),即人工智能是人造物的智能行为,其中,人造物是指任何在自然界中原先不存在而由人类创造出来的事物,而智能行为包括知觉、推理、学习、交流等。人工智能这一术语是1956年在美国达特茅斯(Dartmouth)大学举办的学术讨论会上由美国的一些科学家正式提出的。

2. 人工智能的研究内容

由于人工智能的研究队伍由来自哲学、数学、电子工程、计算机科学、心理学等不同领域的专家组成,他们从事着各自感兴趣的工作,对人工智能的认识也不尽相同。

有些专家认为,人工智能要解决的问题是如何使计算机表现出智能化,使计算机能更灵活、有效地为人类服务。只要计算机能够表现出与人类相似的智能行为,就算达到目的,并不在乎在这过程中计算机是依靠某种算法模拟了人的智能还是真正理解了所要解决的问题的意义。所以,他们提出的研究目标就是研究怎样用计算机来模拟和执行人脑的某些智力功能,并开发相关的技术产品,建立有关的理论。

而另一些专家认为,人工智能的研究应将重点放在用计算机去再现人脑思维的内部状态上,也就是要使计算机程序真正理解它所做的事情,就好像人脑一样去思考问题。

尽管不同专家对人工智能的认识有一定的差异,但目标都是希望造出可以像人类一样

甚至比人类具有更好的感知、思维、学习和行为能力的机器。

按照功能来划分,人工智能研究的基本内容可以分为机器感知、机器思维、机器学习和机器行为四个方面。

所谓机器感知就是使机器像人那样具有视觉、听觉、嗅觉、触觉、味觉等感觉。如让计算机识别语言、文字、图形和图像的研究就属于机器感知的研究。

所谓机器思维就是使机器像人那样对已获取的信息能进行有目的的处理。如开发专家系统,就是用计算机来模拟人类推理、演绎等思维活动,解决各个领域的困难问题。

所谓机器学习就是让计算机模仿人的学习行为,主动获取新知识和新技能,识别现有知识,不断改善性能,实现自我完善。如有些计算机棋类博弈程序,能够像人类棋手那样,通过博弈实践,吸取经验教训,不断提高棋力。

机器行为主要研究如何运用机器所拥有的知识,对获取的信息进行处理,并作出反应。如用于海底打捞的智能机器人,可以根据海洋的深度、被打捞物的形状、海底的地质状况,自动完成打捞任务。

3. 人工智能的基本特点

从学科的性质、研究目的、内容和应用来看,人工智能的基本特点可以归纳为以下几点:

(1) 交叉性。人工智能是一门交叉学科、边缘学科,是由计算机科学、数学、哲学、脑科学、认知学、生物学、心理学等多种学科相互渗透发展起来的新学科。

(2) 长期性。人工智能研究的长远目标是制造出能像人那样思维、行动的智能化机器,代替人脑进行工作。

(3) 广泛性。人工智能的研究内容广泛,主要研究如何让机器具有像人那样的智能,制造出感知(机器)、思维(机器)、学习(机器)、行为(机器)以及综合的智能系统。人工智能技术的应用领域也非常广泛,如教学仿真实验、商业的市场决策、农业的专家系统、企业的自动化控制等等,以提高各应用领域的技术智能化水平。

■ 人工智能与计算机发展的关系

虽然人工智能是一门交叉学科,但是它跟信息技术以及计算机科学的关系尤为紧密,可以说这么说,如果没有电子计算机的产生,就不可能有现代人工智能学科的发展。因此,从某种意义上来说,人工智能的历史也是计算机科学的历史。

自从诞生了第一台电子计算机,人类才具有了模拟人类自身智能的可能。随着计算机软硬件技术的发展和人们应用需求的发展,人工智能的研究与应用领域也同样得到不断的拓展。在计算机发展的早期,软硬件的技术并不十分完善,应用领域相对狭窄,人工智能技术只是专家实验室里的试验品。但是,随着计算机软硬件的发展,人工智能在游戏和博弈方面研究取得突破,使得它具有了一定的“实用”价值。随着拥有计算机的企业和个人越来越多,各行各业的应用需求也不断增加,为满足各种需求,产生了各种各样的人工智能语言,例如Lisp(list processor)和Prolog(programming in logic),利用这些语言,人工智能的开发变得更为容易和普遍,专家系统也得到了广泛应用。

随着芯片技术的发展,计算机不断地小型化,计算机的功能不断得到扩展,人工智能也得到新的发展。由于网络技术特别是互联网技术的进步,人工智能开始转向基于网络环境下的分布式人工智能研究,互联网上的人工智能成为研究和应用的热点。

由于人工智能一直处于计算机技术的前沿，人工智能研究的理论和发现在很大程度上将决定计算机技术的发展方向。



体验活动

1. 现在，号称“智能化”的软件比比皆是，开发者都对其“智能化”程度大肆宣传，那么这些软件真的具备智能吗？寻找一个“智能软件”，将其基本情况填入下表。分析这个软件是否具备分析、计算、比较、判断、推理、联想、决策等能力。

软件名称	
生产公司	
生产日期	
资料来源	
软件功能	
我的评价	

2. 计算机符号运算是人工智能科学的一个分支。它不仅可应用于数学定理的证明，即机器证明(machine proof)，同时还可成功地应用于科学的研究和解决工程技术中的问题。物理、力学模型和数学方法与计算机符号运算相结合，是解决科学和工程中研究课题的有效途径。通过网站 wolfram 在线执行符号运算软件 Mathematica，或利用搜索引擎搜索并下载具有符号运算功能的数学工具软件，并运行这些软件，进行多项式乘、除以及因式分解等代数运算，体验符号运算的过程。

第二节 人工智能常见的研究与应用领域

人工智能的研究及应用非常广泛，大多是结合具体领域进行的，常见的有问题求解(problem solving)、模式识别(pattern recognition)、自然语言理解(natural language understanding)、自动定理证明(automatic theorem proving)、智能代理(intelligent agent)、机器入学(robotics)、专家系统(expert system, ES)、自动程序设计(automatic programming)、人工神经网络(artificial neural network, ANN)、机器学习(machine learning, ML)等几个方面。

活动一 与计算机下一盘棋

- 在因特网上查找人机对弈的棋类游戏,如国际象棋、中国象棋、围棋、跳棋以及五子棋等,选择一个你较擅长的棋类游戏程序,下载下来。
- 将下载的棋类游戏程序安装到计算机上。
- 和计算机棋手下一盘棋,感受一下它的棋力。

提 示 板

研制计算机棋手是人工智能的重要研究领域——问题求解的一个课题。

总局数: _____
胜负情况: _____



图 1-4 国际象棋程序

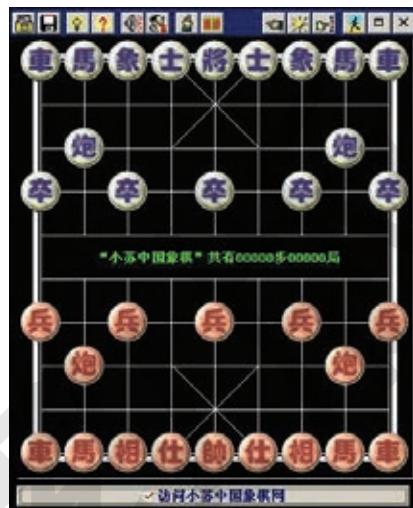


图 1-5 中国象棋程序

- 阅读下面这段文字,这是围棋棋手柯洁分享的与计算机棋手下棋的体会(节选),与你的感受对照一下。

人类棋手到底和 AI 有多大的差距呢?继续关注 AlphaGo 的人可能知道,AlphaGo 团队推出了一款人们从未体验过的、全新版的 AlphaZero,它运行了仅仅 8 个小时,就以 100:0 的战绩碾压了 AlphaGo 李版本(击败李世石的 AlphaGo 版本),而且它还不停地在成长,不停地在进步。人工智能战胜人类棋手,最开始我们真的是很难接受的。很多人也因此发表了自己的观点:人类之间的对弈,会因为 AI 的出现变得没有意义。我不认同这种观点。我认为无论 AI 再强大、再厉害,也无法替代人类棋手对弈给我们带来的乐趣。像我小时候和爸爸下棋,长大了代表国家比赛拿世界冠军,在空闲时候和小伙伴探讨棋局,为自己的进步开心,为自己的失误感到懊悔,这些有血有肉的情感体验是机器无法取代的。

人工智能战胜人类棋手也是人类科技的进步,人类的新智慧以某种形式战胜了古老智慧,这其实是人类的又一次自我超越。能够参与、见证这一进程,作为棋手我感到很欣喜,我渴望人类实现更多这样的自我超越,因为这也是我们生命的破局与重生。



讨论

计算机棋手在下棋过程中表现出哪些优势和不足?

提 示 板

为了取得较好的识别效果,建议采用黑白扫描,分辨率设为300dpi。

活动二 文字识别与机器翻译

1. 从本书上找一篇短文。
2. 利用文字识别软件识别该短文中的文字。



图 1-6 用文字识别软件识别文字

提 示 板

文字识别软件用到了人工智能中的**模式识别**技术。翻译软件用到了**自然语言理解**技术。

提 示 板

机器人是人工智能的一个重要研究领域。

3. 将识别后的文字与原文作比较,以单词或单个汉字为单位,看看识别差错率是多少。

共有文字 _____ 个,
识别错误有 _____ 个,
差错率为 _____ 。

4. 纠正所识别文字中的错误,然后用一个中英文翻译软件进行中译英的操作。
5. 从翻译的准确性、句子的通顺等方面,说说翻译软件的翻译效果。

活动三 了解各种各样的机器人

1. 4~7人一组,在报纸、图书馆或者因特网上查找关于机器人的资料,记录机器人应用在什么领域。

	机器人的名称	应用领域	完成的任务	资料来源
1	SJTNC -1 移动机器人	智能车辆控制系统实验平台	作为智能交通系统(ITS)关键技术的研究平台,可以模拟智能车辆的导航与定位、自动驾驶与控制和车辆的预警防碰等技术,其实质就是车辆模拟器	道客巴巴
2				
3				
4				
5				
6				

2. 调查一下,现在的机器人可以模拟人类的什么功能(器官)。

	机器人的名称	模拟器官	详细情况	资料来源
1	舞蹈机器人	双肩、双肘和双脚	可以模仿人的双肩、双肘和双脚伴着音乐做出各种协调舒缓充满感情的动作	百度百科
2				
3				
4				
5				
6				

3. 调查一下,中国科学家在机器人研究上取得了哪些重要的成果。

	日期	事件	资料来源
1	2000-11-29	中国第一个类人机器人“先行者”在国防科技大学首次亮相,标志着中国机器人技术已跻身国际先进行列	《人民日报》(2000年11月30日第五版)
2			
3			
4			
5			
6			



■ 问题求解

问题求解是人工智能研究的一个重要方面。人工智能中的许多概念,如归约、推断、决策、规划等都与问题求解有关。问题求解研究涉及问题表示空间的研究、搜索策略的研究和归约策略的研究。

棋类游戏程序的开发是问题求解研究的一个方面。它的开发过程如下(以国际象棋游戏软件为例):首先要研究将国际象棋的所有规则,包括棋子的分布、各个棋子的行走规则以及如何才算赢棋等知识,以怎样的格式输入计算机。完成这项初步的工作,一个计算机棋手就诞生了。下棋时,计算机会依靠其快速的运算能力以及记忆功能,来判断当己方走某一步棋时,对方会怎么走,然后自己该怎么走,直到得出结论说明这一步能否走。而且己方每走一步,还要去判断对方所有棋子的所有走法。其次,要使计算机棋手具有一定的水平,并在比赛中作出更快的反应,人工智能专家就要研究如何把一些下棋的技巧和一些象棋大师的经典走法也输入到计算机中,从而使计算机在下棋时表现得更加智能化,水平更高。完成这样设计的计算机棋手,在对弈过程中,会像人类国际象棋大师一样思考,从规则、技巧等各个方面进行判断。

■ 模式识别

感知能力是人类获取外部信息的根本保障。同样,机器感知是机器智能(machine intelligence)的一个重要方面,是机器获取外部信息的根本保障。模式识别就是研究如何使机器具有感知能力的研究领域,目前主要研究视觉模式及听觉模式的识别。人工智能所研究的模式识别是指用计算机代替人类或帮助人类进行感知,是对人类感知外界功能的模拟。计算机模式识别系统就是使一个计算机系统具有模拟人类通过感官接触外界信息、识别和理解周围环境的感知能力。

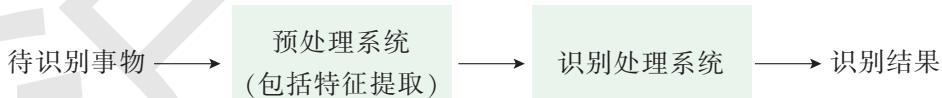


图 1-7 模式识别工作原理

目前模式识别主要有以下两个方面的应用:图形、图像识别和语音识别。图形、图像识别属于视觉识别,主要研究对各种图形和图像的识别,如文字、符号、照片、工程图纸和各种图像。我们平时使用的指纹识别、OCR 等就是视觉识别应用的“典范”。语音识别则是研究如何让计算机最终能听懂人类口述的自然语言。听懂有两种含义,第一种是将这种口述语言逐词(字)逐句地转换为相应的文字,例如对口授文章作听写;第二种则是对口述语言中所包含的要求或询问作出正确的响应,而不拘泥于所有词正确转换为书面文字。上个世纪 90 年代,语音识别取得了突破性进展,连续语音识别,即可以识别正常的流畅语音的识别系统问世,并迅速走向了实用化。

■ 自然语言理解

如果能让计算机“听懂”、“看懂”人类自身的语言(如汉语、英语、法语等),那将使更多的人可以使用计算机,大大提高计算机的利用率。自然语言理解就是研究如何让计算机理解人类自然语言的研究领域。从宏观上看,自然语言理解是指机器能够理解并执行人类所期望的某些语言功能。这些功能包括:

(1) 回答有关提问。计算机能正确理解人们用自然语言输入的信息,并能正确回答输入信息中的有关问题。如在本章第一节的活动中,让同学们与机器人聊天,这个机器人就具有一定的自然语言理解的能力。

(2) 摘要生成和文本释义。对输入的信息,计算机能产生相应的摘要;能用不同词语和句型对输入的信息进行复述。

(3) 机器翻译(machine translation)。计算机能把用某一种自然语言表示的信息自动地翻译为另一种自然语言。例如,活动二中把英语翻译成汉语,或把汉语翻译成英语等等。

然而,让计算机对自然语言进行理解却是一个十分艰难的任务。即使建立一个只能理解片言只语的计算机系统,也是很不容易的。这中间有大量的极为复杂的编码和解码问题。一个能够理解自然语言的计算机系统,就像一个人那样需要背景知识以及根据这些知识和信息进行推理的能力。自然语言不仅有语义、语法和语音问题,而且还存在模糊性等问题。

■ 自动定理证明

自动定理证明的研究是人工智能中最先进行研究并得到成功应用的一个研究领域,在人工智能发展过程中曾经产生过重要的影响。自动定理证明最早用在数学领域,目前,许多非数学领域的任务,如医疗诊断、信息检索等,也可以转化成一个个定理证明问题让计算机自动证明,所以自动定理证明的研究具有普遍意义。

我国科学家在自动定理证明方面作出了很大的贡献。1977年,我国科学家吴文俊提出了证明初等几何定理的算法,其方法的要义是把几何问题转化成代数问题,把一个几何定理转换成一组代数方程,然后用代数方法证明几何定理。它的应用有助于证明和辅助发现数学新定理,目前已推广到初等微分几何中,赢得了国内外专家的高度认同,国际上称这个算法为“吴氏方法”。

■ 智能代理

智能代理可以理解为充分利用人工智能技术、网络技术和多媒体技术等构成的一种计算机系统。它可以只是一段小程序,也可以是一个复杂的软件机器人,以主动服务的方式完成一组操作。

在现代生活中,智能代理已在许多方面得到了应用。在信息服务领域,它可以被用来在因特网上搜索和用户要求相关的内容,也可以根据用户的兴趣下载相关内容,还可以根据用户的要求过滤信息,整理已经下载的资源,并且从大量的公共原始数据中筛选和提炼有价值的信息。在商务领域,智能代理已经被用来执行有较少人工操作的金融交易——找到最合适的生意并和其他智能代理交流,设计出销售条件。它还被用来代表卖方分析不同用户的消费倾向,据此向特定用户推销特定商品。在其他方面,一些智能代理被用来自动“阅读”网上的报纸和期刊,搜索与某个公司有关的信息并对信息进行解释。展望将来,发展后的智能代理

会使人与计算机之间的互动更加人性化,如通过交谈等方式。

■ 机器人学

人工智能的一个长期目标是发明出可以具备人脑功能的机器。这种机器需要具备感知能力、记忆与思维能力、学习能力以及行为能力等几个方面的人类智能的特征。机器人不仅可以模拟人的思维,更可以模拟人的动作,它是在计算机程序控制下能够自动完成人类部分工作的机器。开发智能机器人一直都是人类追求的目标,所以机器人学是人工智能非常重要的研究领域。这个领域研究的问题,从机器人手臂的最佳移动到实现机器人目标的动作序列的规划方法,无所不包。尽管科学家们已经研制出了一些比较复杂的机器人系统,但目前应用的大多数机器人,都是一些按预先编好的程序执行某些重复作业的简单装置,即属于可再编程序控制机器人,也可以称作是第一代机器人。



图 1-8 日本研制的第三代机器人

这种机器人能有效地从事安装、搬运、包装、机械加工等工作,但它只能刻板地完成程序规定的动作,不能适应变化了的环境。第二代机器人也称自适应机器人,其主要标志是自身配备有相应的感觉传感器,如视觉传感器、触觉传感器、听觉传感器等,并用计算机对之进行控制。这种机器人通过传感器获取作业环境、操作对象的简单信息,然后由计算机对获得的信息进行分析、处理,控制机器人的动作。由于它能随着环境的变化而改变自己的行为,因而称为自适应机器人。第三代机器人是指具有类似于人类智能的所谓智能机器人,这种机器人具有感知环境的能力,配备有视觉、听觉、触觉、嗅觉等“感觉器官”,能从外部环境中获取有关信息,能对感知到的信息进行处理,以控制自己的行为。它还具有作用于环境的行为能力,能通过传动机构使自己的“手”、“脚”等肢体行动起来,正确、灵巧地执行控制机构下达的命令。

机器人学的研究涉及电子学、控制理论、系统工程、机械工程、仿生学、心理学等多个学科,是目前人工智能研究中比较活跃的研究领域,其发展前景非常广阔。

■ 专家系统

专家系统是目前人工智能研究领域中最活跃、最有成效的一个领域,它研究如何让计算机充当“专家”,让计算机在各个领域中起到人类专家的作用,是一种在特定领域内具有大量知识与经验的程序系统,它应用人工智能技术,根据某个领域一个或多个专家提供的知识和经验进行推理和判断,模拟人类专家求解问题的思维过程,以解决该领域内的各种问题。(本书第4章将详细介绍专家系统。)

■ 自动程序设计

自动程序设计包括自动程序综合与自动程序正确性验证两个方面的内容。自动程序综合用于实现自动编程,即用户只需告诉计算机要“做什么”,无需说明“怎样做”,计算机就可根据给定的任务或问题的原始描述,自动实现程序的设计。自动程序正确性验证是要研究出一套理论和方法,通过运用这套理论和方法就可研制计算机程序,自动证明程序的正

确性。

■ 人工神经网络

人工神经网络是一个用大量称作人工神经元的简单处理元经广泛连接而组成的人工网络,用来模拟大脑神经系统的结构和功能。

人工神经网络的研究始于20世纪40年代。现在,神经网络已经成为人工智能中一个极其重要的研究领域,它在模式识别、图像处理、组合优化、自动控制、信息处理、机器学习等领域获得了日益广泛的应用。

随着计算机技术的快速发展,人工智能的研究近几年来也取得了很多新的进展,许多新的研究领域不断出现,例如数据挖掘、网上信息过滤等。除了上面介绍的研究领域外,有的学者还把智能控制、智能决策支持系统、机器视觉等看作人工智能的研究领域。随着科学技术的发展,人工智能各领域间会互相渗透,使得相互联系更加紧密,这种融合与渗透必将促进人工智能研究的进一步发展。

■ 机器学习

机器学习从人工智能诞生起就一直是研究的重点。机器学习的基本思想是让机器从数据或者行动中学习,来获得进行预测或判断的能力。从数据中学习,指利用算法从大量的训练数据中学习知识,并通过学习不断优化程序的性能,然后用训练后的程序对真实世界中的待测试数据作出判决。

当前,人工智能普遍利用计算机自我学习(机器学习)的方式来获得进行预测或判断的能力。机器学习已经成为基础性的人工智能技术,并应用于计算机视觉、语音识别、自然语言处理等相关人工智能问题的求解。

■ 深度学习

深度学习(Deep Learning,DL)是一系列算法的统称。深度学习算法通过组合多层的人工神经网络,来模拟人脑在处理数据时由底层到高层的抽象过程。

深度学习是机器学习的分支,与传统人工神经网络等相关方法相比,其网络层数更多、网络规模更大、学习能力更强,是机器学习领域目前最热门、工业界应用最广的方法。AlphaGo就是借助深度学习及先进搜索算法的强大威力,横扫围棋界,攻克了棋类运动中人类最后的智慧堡垒。



体验活动

- 用语音识别软件识别自己的语音,体验语音识别技术的应用水平。
- 智能代理技术已经应用于许多领域。查找资料,分析一下,目前,智能代理技术已经应用于什么领域,你认为这种技术还能够用在什么地方。
- 在很多科幻影视作品中,有许多内容涉及人工智能的研究和应用技术,互相交流一下,这些作品与哪些研究和应用领域有关,其中哪些人工智能技术已在现实生活中实现。



后续活动

生活中的人工智能

组成小组。小组成员分工协作,查找与了解人工智能在生活中的应用,最后根据本节介绍的人工智能的研究及应用领域,包括问题求解、模式识别、自然语言理解、自动定理证明、智能检索、机器人学、专家系统、自动程序设计、人工神经网络、机器学习等,对各人的调查结果进行归类总结。

1. 个人调查

调查人:_____

调查的方法:(网络,报纸广告,询问别人等)_____

调查内容:

具体应用实例	对应的研究与应用领域	应用介绍

2. 小组汇总和分析。

小组名称:_____

小组成员:_____

根据各小组成员的调查情况,将各人的表格进行汇总和分析。

3. 讨论:你们最感兴趣的人工智能的研究与应用领域是什么?为什么?

人工智能大事记

1. 请同学们根据本章的学习内容和参考资料,或通过查找相关资料,在图1-9中至少再标出5个有关人工智能的重大成果和重要事件。

2. 互相交流各自标出的人工智能的重大成果和重要事件,说说选这些成果和事件的理由。

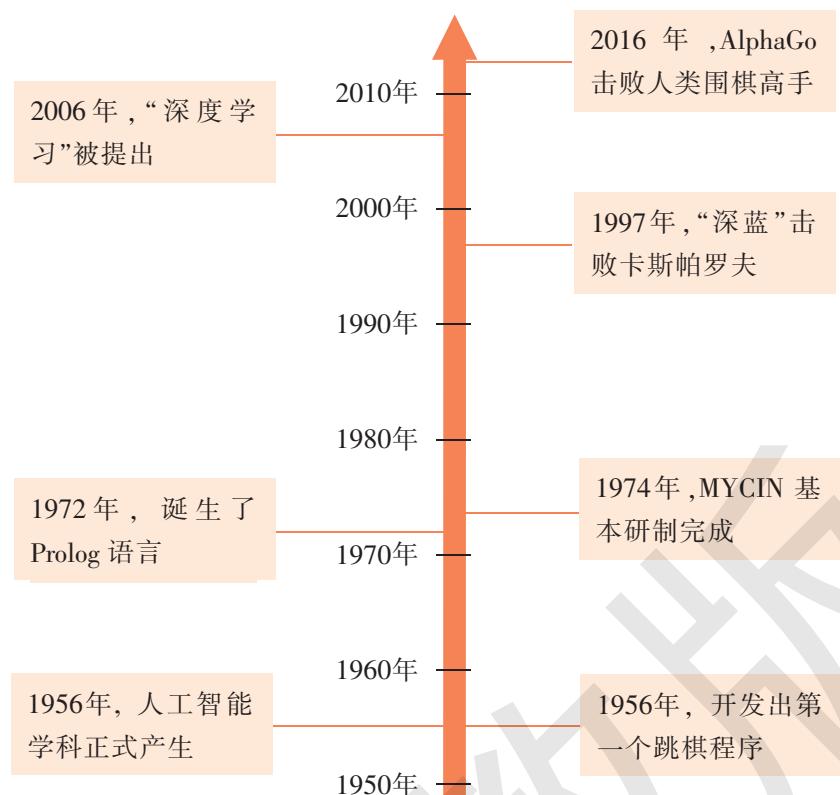


图 1-9 人工智能大事图


评价

一级指标	评价内容	评价(★★★、★★、★)		
		自评	互评	教师评
信息技术知识	知道人类智能的特征			
	了解人工智能的概念与基本特点			
	能列举人工智能常见的研究与应用领域			
信息技术能力	能够使用网络聊天工具与聊天机器进行交流			
	能够搜集关于机器人的资料,并对其中人工智能的描述进行归纳、整理和分析			
	能够搜集有关人工智能发展历史的信息			
行为	能够主动探究人工智能技术的发展历史			
	能够积极参与各项实验活动,通过动手操作体会人工智能产品的工作机制			
	能够在搜集信息的时候进行必要的筛选,并根据学习到的理论知识区分哪些产品真正具备人工智能			
交流体会:(如何判别一个产品(硬件或软件)具备了人工智能? 我国在人工智能研究方面取得了哪些成果? 与国际先进水平相比还存在哪些差距?)				



参考资料

人工智能发展史

人工智能是计算机科学、心理学、哲学、数学等多个学科的交叉学科。人工智能随着这些学科的发展而成长起来。它的发展历程,可以分为这样几个阶段。

1. 孕育阶段

人工智能的目的就是让机器能够像人一样行动和思考,这是人类从远古时期就有的梦想。人类早在计算机出现之前就已经希望能够制造出可以模拟人类思维的机器,并且为此进行了长期的努力,时间甚至可以追溯到古希腊时代。

19世纪,杰出的数学家、哲学家布尔(Boole),通过对人类思维进行数学化精确的刻画,和其他杰出的科学家一起奠定了智慧机器的思维结构与方法,今天我们的计算机内使用的逻辑基础(布尔代数)正是他所创立的。

1936年,图灵在他的一篇《可计算数学》的论文中,提出了著名的图灵机模型,成为了现代计算机的理论基础。1945年他进一步论述了电子计算机的设计思想,1950年他又在《计算机能思维吗》一文中提出了判别机器是否具有“智能”的标准。

1947年,电子计算机“ENIAC”诞生,这意味着从此人类开始真正有了一个可以模拟人类思维的工具。

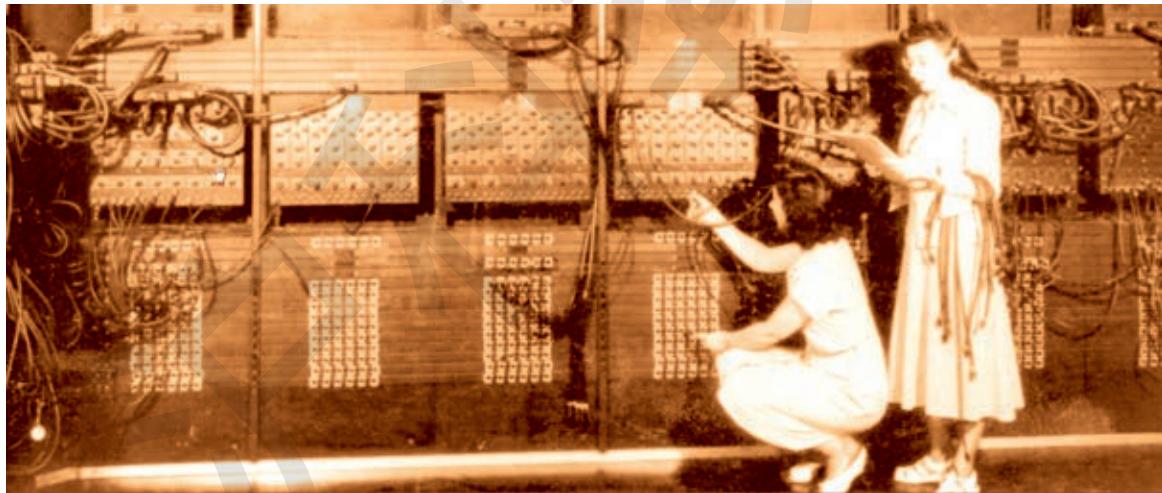


图 1-10 电子计算机“ENIAC”

此外,同一时期数学家维纳(Wiener)控制论的创立,数字家香农(Shannon)信息论的创立,神经生理学家阿什比(Ashby)在脑科学方面所作的研究等,都为人工智能的产生作出了巨大的贡献。

2. 形成阶段

人工智能这个术语的真正出现是在1956年。

1956年夏季,在达特茅斯大学召开的学术讨论会上,研讨了用机器模拟人类智能的问题。麦卡锡(McCarthy)正式提出了“人工智能”这一术语,用以代表有关机器智能这一研究方向。这是人类历史上第一次人工智能研讨会,标志着人工智能学科的诞生。

1956年,纽厄尔(Newell)和西蒙(Simon)首先合作研制成功“逻辑理论机 LT”(The Logic Theory Ma-

chine)。该系统是第一个处理符号而不是处理数字的计算机,是机器证明数学定理的最早尝试。该系统模拟人类用数理逻辑证明定理的思想,采用了分解、代入和替换等规则,证明了数学家罗素(Russell)和怀特海(Whitehead)的名著《数学原理》第2章52条定理中的38条。从此,计算机的一般应用与人工智能的界限第一次被清楚地区分出来。它是第一个实用的人工智能程序,象征着人工智能研究的真正开端。

20世纪50年代,一些科学家开始以游戏、博弈为研究对象进行人工智能的研究工作。1956年,科学家塞缪儿(Samuel)研究成功了一个跳棋程序。该程序具有自改善、自适应、可以积累经验和学习等能力。这是模拟人类学习和智能的一次卓有成效的突破。该程序于1959年击败了它的设计者,在1962年又击败了美国一个州的冠军,此事曾引起世界轰动。

20世纪60年代前期,人工智能以研究搜索方法和一般问题的求解为主。1960年,麦卡锡发明了人工智能程序设计语言Lisp,用函数式语言对符号进行处理,其处理的唯一对象就是符号表达式。1963年,纽厄尔发表了问题求解程序,人工智能研究开始走上了用计算机程序来模拟人类思维的道路,第一次把问题的领域知识与求解方法分离开来。20世纪60年代后期,人工智能研究者们又在机器定理证明方面取得了重大进展,并在规划问题方面开展了相应的研究。1968年,奎连(Quillian)在研究人类联想记忆时,认为记忆是由概念间的联系实现的,提出了知识表示的语义网络模型。

3. 发展阶段

20世纪70年代,人工智能的研究已在世界许多国家相继展开,研究成果大量涌现。人工智能研究者开始利用过去的研究成果,提出各种新的知识表示技术,搜索技术日益成熟,人工智能和其他领域,诸如医药、电子、地质和化学领域发生了密切的联系,大量的研究成果证实了自然语言理解、计算机视觉和专家系统是可行的。

1972年,柯尔迈伦(Colmerauer)提出并实现了逻辑程序设计语言Prolog,并被广泛应用。同年,斯特里夫(Shortliffe)等人开始研制用于诊断和治疗感染性疾病的专家系统MYCIN,于1974年基本完成。该系统解决了一系列的人工智能应用技术问题,其中包括知识表示、搜索策略、人机联系、知识获取等方面。MYCIN在人工智能领域中有着重要的地位,MYCIN及其类似的系统可以促进人们为不同领域中更为复杂的问题开发不同领域的专家系统。

1977年,费根鲍姆(Feigenbaum)提出了知识工程(knowledge engineering)的概念,引发了以知识工程和认知科学为主的研究。以知识为中心开展人工智能研究的观点被大多数人所接受。这时,专家系统开始广泛应用,专家系统的开发工具也不断出现,人工智能产业日渐兴起。

20世纪80年代,由于知识工程概念的提出和专家系统的初步成功,推理技术、知识获取、自然语言理解和机器视觉成为人工智能研究的热点。在整个20世纪80年代,专家系统和知识工程在全世界得到迅速发展,许多人工智能的产品成了商品。

20世纪90年代,专家系统、机器翻译、机器视觉、问题求解等方面的研究已有实际应用,同时,机器学习和人工神经网络的研究得到深入开展。

进入21世纪,人工智能正朝更多学科协作的方向发展,数学、心理学、生物学、信息科学的最新研究成果会更多地应用于人工智能的研究与应用中。人工智能进入爆发式的发展阶段,其最主要的驱动力是大数据时代的到来,运算能力及机器学习算法得到提高。人工智能快速发展,产业界也开始不断涌现出新的研发成果:2011年,Waston在综艺节目《危险边缘》中战胜了最高奖金得主和连胜纪录保持者;2012年,人工智能大脑通过模仿人类大脑在没有人类指导的情况下,利用非监督深度学习方法从大量视频中成功学习到识别出一只猫的能力;2014年,一款实时口译系统已可以模仿说话者的声音并保留其口音;2016年,AlphaGo在围棋比赛中击败了世界冠军李世石。

当前人工智能技术应用状况

自深度学习出现后,人工智能开始渗透到生产生活的方方面面,赋予各行各业新的能量。它降低了生产成本,加快了产品与技术的迭代速度,提高了经济效益和社会效益。在我国,人工智能在众多行业和领域中得到广泛应用,图 1-11 呈现的是 2018 年 13 个行业中 61 个领域的人工智能技术应用商业化程度及技术应用深度的情况。

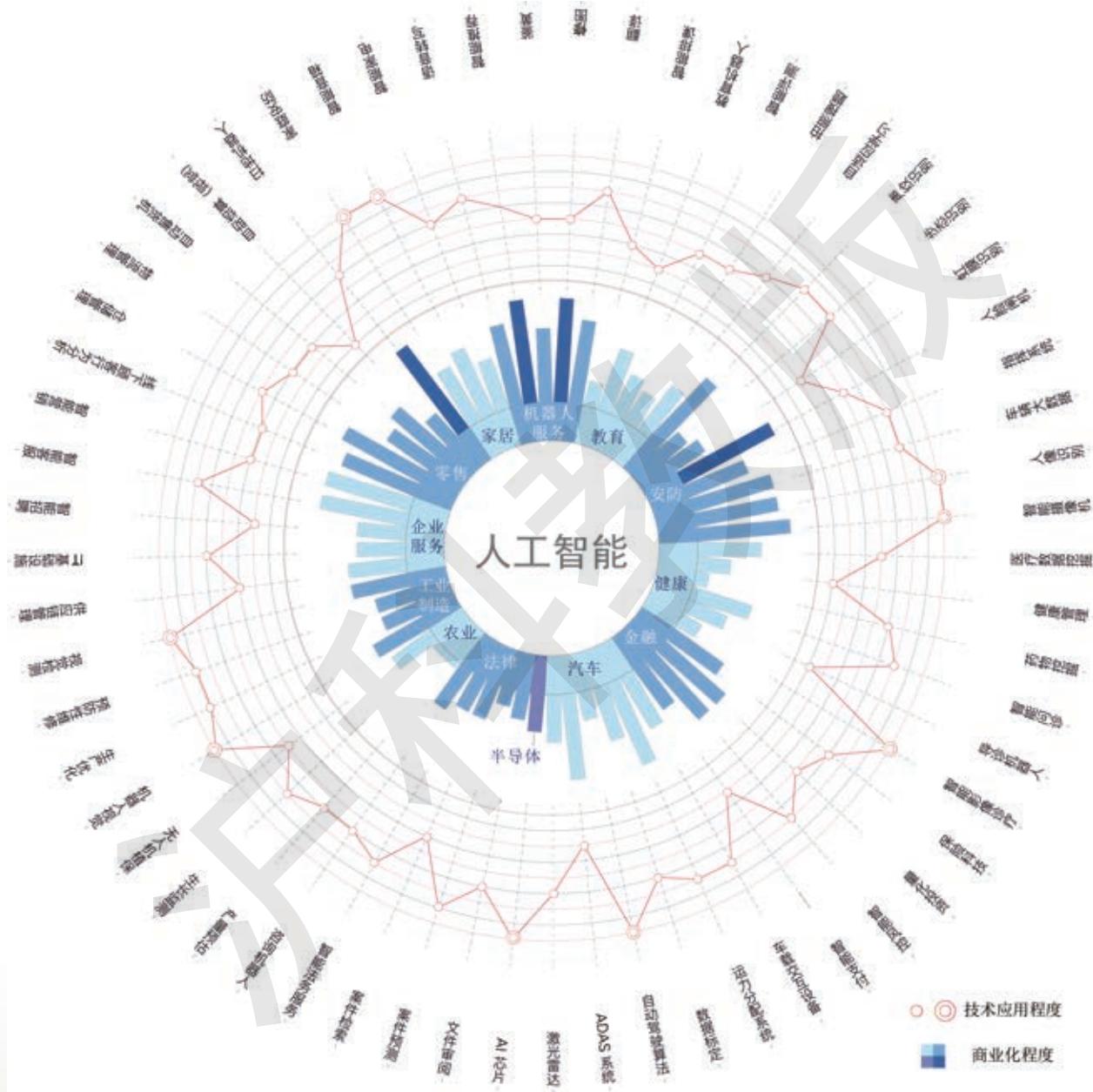


图 1-11 人工智能在各领域的应用情况(摘自亿欧智库《2018 中国人工智能商业落地研究报告》)

人工智能已成为国家的重要发展战略。2016—2017年,我国政府陆续发布了《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》《新一代人工智能发展规划》《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018—2020年)》等政策文件,促进人工智能技术的发展,培育人工智能新兴产业,鼓励人工智能化创新创业,带动我国产业升级和经济转型。我国政府还确定了“自动驾驶”“城市大脑”“医疗影像”“智能语音”等四个首批国家新一代人工智能开放创新平台,期望它们在汇聚创新资源、促进众创共享方面发挥更大的作用。

第2章

知识的表示

在

电视综艺节目中,经常会有这样一个游戏:两人一组,主持人把一个名词告诉两个游戏参与者中的一人,这个名词可以是物品名、人名等,然后让这个人在不说出这个名词的前提下,尽快地向同伴解释清楚这个名词。例如,主持人给出名词是“键盘”,其中一人在不说出“键盘”两个字的情况下这样表述:“计算机的配件,用于输入信息,不是鼠标器。”另一个人马上就会明白他说的是键盘。设想一下,如果让计算机来代替人作猜测,人们该如何“武装”这台计算机呢?

要让计算机做这个游戏,首先要使计算机具有人类相同的知识,即要使计算机这个机器系统知道,什么是计算机,计算机由哪些部件组成,哪些部件是用来输入信息的,等等。由此看到,如何让机器系统掌握知识是人工智能首先要解决的问题。

学习目标

- ★ 了解知识的概念和特征。
- ★ 学会用框架表示知识。
- ★ 学会用产生式表示知识。
- ★ 学会用与/或图表示知识。
- ★ 学会用状态空间表示知识。
- ★ 了解用谓词逻辑表示知识的方法。

第一节 知识及知识的表示

人类的智能活动主要是获得知识并运用知识的过程。为了让计算机拥有智能,就必须使它具有知识。人类一般用自然语言来表达知识的,但要让计算机拥有知识,就必须将知识转换成计算机能使用的形式。因此,知识的表示长期以来一直是人工智能研究的一个重要问题。

活动 描述计算机硬件构造的知识

1. 分别用自然语言、图及框架结构的表示方法来描述你所用的一台计算机硬件构造的知识,完成下表。

表示方法	内 容
自然语言	
图	
框架结构	<p>计算机</p> <p>主板</p> <p>CPU</p> <p>存储器</p> <p>输入输出设备</p> <p>其他</p> <p>主存储器</p> <p>辅助存储器: _____、_____、_____</p> <p>输入输出设备: _____、_____、_____、_____、_____、_____</p> <p>其他: _____、_____、_____</p>

2. 分析以上三种不同描述方法的特点。
3. 比较不同的知识描述方法适用的对象有什么不同。



讨论

知识与信息、数据有什么不同？



学习指引

■ 知识及知识的特征

知识是人们把实践中获得的信息关联在一起所形成的信息结构。由于知识来自于人们对客观世界的认知，知识便具有了以下一些特征。

(1) 相对正确性

知识是人们对客观世界认识的结晶，并且又受到长期实践的检验，因而知识具有正确性。但任何知识都是在一定环境和条件下产生的，所以知识的正确性是有一定的前提的。世界上没有任何永远正确的知识，比如， $1+1=2$ ，这是一条妇孺皆知的正确知识，但它也只是在十进制的前提下才是正确的，在二进制体系中就不正确了。另外，人类对客观世界的认识是渐进的、有过程的，前段时间认为正确的，经过认识的深入，知识可能会发生变化。

(2) 不确定性

知识是有关信息关联在一起形成的信息结构，“信息”与“关联”是构成知识的两大要素。由于现实世界的复杂性，信息可能是精确的，也可能是不精确的、模糊的；关联可能是确定的，也可能是不确定的。这就使得知识不总是只有真和假两种状态，而是在真和假之间存在很多状态，即存在“真”的程度。知识的这一特性称为不确定性。例如，自然界中的事物有着丰富多彩的颜色，有时候我们说某种花是红色的，这里的色彩表述就具有不确定性，所谓的红色表示的只是一种色彩的范围。因为红色有许多不同的种类，有朱红、粉红、大红、水红等多种，甚至同一种类之间还有许多差别。同时，当人们在观察某种动物的颜色时，由于人们对颜色的辨别存在差异，有的人可能说这种动物的颜色看起来是白色的，而有的人则认为是灰色。这就说明人在观察事物的时候往往带有自己的主观意志，这就会给观察的结果带来一定程度的不确定性。

(3) 可表示性

知识可以用一定的形式来表示，比如计算机的硬件组成知识可以用语言、文字、图形等不同形式来表达。知识的这一特性，使得知识可以数据化，让计算机存储知识、传播知识和利用知识成为可能。

(4) 可利用性

知识可以被反复利用。人们每时每刻都在利用已掌握的知识来解决现实世界中的各种问题。可以说，如果知识不具有可利用性，知识就不能积累，社会就不会进步。

■ 知识·信息·数据

要理解知识的概念，必须将知识、信息与数据三个概念分清楚。

数据与信息是两个紧密相关的概念。数据是记录信息的符号,是信息的载体和表示。信息是对数据的解释,是数据在特定场合下的具体含义。只有把两者密切地结合起来,才能实现对现实世界中某一具体事物的描述。另外,数据和信息又是两个不同的概念,相同的数据在不同的环境下表示不同的含义,蕴涵有不同的信息。比如,“100”是一个数据,它可能表示“100 元钱”,也可以表示“100 个人”,若对于学生的考试成绩来说,可能表示“100 分”。同样,相同的信息也可以用不同的数据表示出来。比如,间谍为了传达情报信息,可以用一首诗词的每一句的第一个字组成的一句话,或诗的斜对角线上的字组成的一句话传达信息,也可能用一个代码或数字来表示同一信息。

信息在人类生活中占有十分重要的地位,但是,只有把有关的信息关联到一起,信息才有实际的意义,一般把有关信息关联在一起所形成的信息结构称为知识。知识是人们在长期的生活及社会实践、科学的研究中积累起来的对客观世界的认识与经验,人们把实践中获得的信息关联在一起,就获得了知识。

综上所述,知识、信息和数据是三个层次的概念。有格式的数据经过处理、解释会形成信息,而把有关的信息关联到一起,经过处理就形成了知识。人类在社会实践过程中,其主要的智能活动就是获取知识,并运用知识解决生活中遇到的各种问题。

■ 知识的分类

按照人们从不同角度对知识进行探索以及对问题的不同理解,知识可以有多种分法。根据知识的性质来分,知识可分为陈述性知识和过程性知识两大类。

(1) 陈述性知识。它主要用来描述事实,告诉人们所描述的客观事物涉及的“对象”是什么。对陈述性知识的表示就是将对象的有关事实“陈述”出来,并以数据的形式进行表现。这类知识并不涉及“怎么做”的问题。

(2) 过程性知识。它主要用来描述规则和控制结构,告诉人们“怎么做”。过程性知识的表示形式就像一段求解程序,将知识的表示与运用(推理)相结合,即知识寓于程序之中。

■ 知识的表示方法

从活动“描述计算机硬件的组成”中可以看到,知识的表示方法有许多,各有其自身的特点。第一种方法是用自然语言来表示知识,即用人类使用的语言来表示知识,它的特点是便于人类之间的沟通。第二种方法是用图形来表示知识,它的特点是一目了然,阅读者能迅速了解计算机的各个组成部分。第三种方法是用框架结构的形式表示知识,它的特点是简洁、明了,条理清晰。但是,如果要把知识灌输给计算机,就必须使用计算机能够理解接受的表示方式,而前两种知识的表示方式都无法满足这一要求。我们需要将知识格式化,并且转换成计算机能使用的形式,以便计算机进行交换、存储和加工。第三种结构化的知识表示方式,比较适合人机之间、计算机与计算机之间的交流。

知识表示实际上就是对人类知识的一种描述,即把人类知识表示成计算机能够处理的数据结构。对知识进行表示的过程就是把知识编码成某种数据结构的过程。在人工智能中,知识表示(knowledge representation)的研究是研究用机器表示知识的可行性、有效性的一般方法,既考虑知识的存储又考虑知识的使用。

在人工智能中,目前用得较多的知识表示方法有:谓词逻辑(predicate logic)表示法、产生式规则(production rule)表示法(简称产生式表示法)、框架(framework)表示法、语义网络(semantic network)表示法、与/或图(AND/OR graph)表示法和状态空间(state space)表示法等。



体验活动

1. 你和你的同桌共同选择一件事物,写一篇简短的说明文来描述该事物。选择的事物可以是日常接触的,比如教室,钢笔等等。字数在150字以内。写作的时候要考虑从什么角度进行描述,比如,教室可以从建筑结构和室内装饰等几个不同的角度描述,尽量使用简明的语言来表达自己的意思。(两个人可以选择同一个事物,但是必须选择不同的角度进行描述。)

2. 将完成的作文与同桌交换,分析两篇短文分别是如何描述同一事物的,相互之间有什么异同点,再从内容上分析,所描写的是哪一类的知识。

第二节 框架表示法

框架表示法是以框架理论为基础发展起来的知识表示方法,它适应性强、概括性高、结构化良好、推理方式灵活,主要用来表示陈述性知识。

活动 名片的框架表示

1. 搜集一些名片,把这些名片共有的项目记录下来。

单位、姓名

2. 将上面搜集到的信息,根据下表的内容提示进行归纳整理。

类 别	项目名称
个人信息	姓名
	单位
联系方式	地址
	邮编

3. 将上表转换成以下形式进行表述。

提 示 板

这种形式的表示方法就是知识表示法中的**框架表示法**。

<名片>
个人信息
姓名：
单位：
联系方式
地址：
邮编：



学习指引

■ 框架的定义及组成

框架是一种描述论述对象属性的数据结构。论述的对象可以是一个事物、一个事件或者一个概念。一个框架由若干个“槽”组成，每个“槽”又可划分为若干个“侧面”。一个槽用于描述论述对象的某一方面的属性，一个侧面用于描述相应属性的一个方面。槽和侧面所具有的属性值分别称为槽值和侧面值。

一个框架可以由框架名、槽、侧面和值四部分组成。框架一般可表示成如下格式：

框架名
<槽名 1>
 <侧面 11>
 <值 111><值 112>...
 <侧面 12>
 <值 121><值 122>...
 ...
<槽名 2>
 <侧面 21>
 <值 211><值 212>...
 <侧面 22>
 <值 221><值 222>...
 ...

例如，对于前面活动中的“名片”这一概念，在一个叫作“名片”的框架下，包含了“个人信息”、“联系方式”等槽(类别)，而每个槽里又包含了多个侧面，比如“个人信息”中包括了“姓名”、“单位”等侧面，“联系方式”中包括了“地址”、“邮编”等侧面。不同的人，不同的侧面的值都会不同。这就是知识表示法中的框架表示法对名片的表示。

■ 框架理论

1975年明斯基(Minsky)的论文“*A Framework for Representing Knowledge*”中提出了框架理论,引起了人工智能学者的重视。它所构架的基础是人们在理解事物、情景或某一故事时的心理学模型,论述了人们理解问题的一种思想方法。

例如,当一个人将要走进一个教室之前,他就可以想像这个教室一定有四面墙,有门、窗、天花板和地板,还有黑板、讲台、课桌、坐凳等,尽管他对这个教室的具体细节如教室的大小、门窗的个数等还不清楚,但对教室的基本结构是可以预见的。他之所以能够做到这一点,是由于他经历了多次的实践活动,头脑中已建立起了有关“教室”这一概念的基本框架。这一基本框架不仅指出了相应事物的名称(教室),而且还指出了事物各有关方面的属性(墙、门、窗等),通过对该框架的查找就很容易得到有关教室的特征。在他进入教室之后,经观察得到了教室的大小、门窗的个数等细节,把这些数据填入到教室框架中,就得到教室框架的一个具体实例,这是他关于这个教室的视觉印象,称为实例框架。

框架理论将框架视作知识的单位,将一组有关的框架联结起来便形成框架系统。

■ 框架表示法举例

1. 计算机主机的实例框架

任何计算机主机都具有这样一些属性,如“主机品牌”、“生产厂商”、“CPU”、“主板”、“内存”、“硬盘”等,这些属性就定为“计算机主机”的槽,而“CPU”、“主板”、“内存”、“硬盘”等还各有多个侧面。如果给各个槽和侧面赋予具体的值,就得到一个“计算机主机”这一概念的一个实例框架。



2. 地震新闻报道框架

关于自然灾害的新闻报道中所涉及的事实经常是可以标识的,这些标识的事实就可以作为代表所报道新闻的属性。下面是新华网2004年10月24日一则关于日本地震的报道,用框架表示法也可以表示这段报道。

日本北部新潟县及周边地区23日连续经受强烈地震。据日本警方透露的数字,截至目前经证实至少有21人死亡,2000多人受伤。日本气象厅报告初步测定震级

为里氏 6.8 级,震源位于新潟县中越地区地下约 20 公里处。日本地震专家阿部胜征认为,地震原因是由于东西板块的挤压导致地壳“变形”,在释放积蓄的能量的过程中出现了里氏 6 级左右的地震。

用框架表示法表示这段报道的步骤如下:

首先,确定属性——即框架的槽。报道中关于地震的关键属性是地震发生的地点、时间、伤亡人数、地震强度的震级、震源、原因等情况。

然后将相关数据填入相应的槽内。下面是将该报道中有关数据填入相应槽后得到的这次地震的框架。

框架名:<日本地震>
地点:日本新潟县
时间:23 日
死亡人数:21
受伤人数:2000
震级:6.8
震源:新潟县中越地区地下约 20 公里处
原因:东西板块的挤压

■ 框架表示法的特点

框架表示法最突出的特点是它善于表达结构性的知识,能够把知识的内部结构关系及知识间的联系表示出来,是一种结构化的知识表示方法。框架表示法体现了人们在观察事物时的思维活动,当遇到新事物时,通过从记忆中调用类似事物的框架,并将其某些细节进行修改、补充,就形成了对新事物的认识,这与人们的认识活动是一致的。但是框架表示法也有缺陷,主要是不善于表达过程性的知识。



体验活动

1. 以下是一段天气预报,请用框架表示法加以表示。

上海气象台 2018 年 5 月 20 日预报:明天上海上午小雨,下午转阴,傍晚雷阵雨,气温 20~25°C,风力 2~3 级。

2. 生活中还有哪些信息可以使用框架表示法来描述?找找看,并在小组中进行交流。

生活中的信息描述(原始描述)	框架表示法

第三节 产生式表示法

日常生活中,有许多事情都具有因果关系,所以,人们常通过一系列的判断来分辨事物的性质或内容。于是,人们提出了一种新的知识表示方法——产生式表示法。

活动 识别动物

在日常生活中,人们经常采用IF P THEN Q的方式表示知识,P可以是一组条件P1、P2、P3等的集合,是判断的前提,而Q则是结论。例如,动物园是同学们最喜欢的游乐场所之一,有经验的同学只要看看眼前动物的外部特征,如长颈、长腿、喜欢吃树叶,马上就可以判断出这个动物是长颈鹿。如果用IF P THEN Q的方式来表示的话,那就是:

IF 动物是长颈 AND 长腿 AND 喜欢吃树叶
THEN 这种动物是长颈鹿

请用这种知识表示方式表示其他动物,例如斑马、企鹅、鸵鸟,或者豹。请写出五个用于判断动物的条件和结论。

IF	THEN
动物是长颈 AND 长腿 AND 喜欢吃树叶	是长颈鹿

提 示 板

这种用IF-THEN形式的表示方法就是知识表示法中的**产生式表示法**。



学习指引

■ 产生式表示法的基本形式

“产生式”这一术语是1943年由数学家波斯特(Post)首先提出的。产生式表示法又称为产生式规则表示法,它通常用于表示具有因果关系的知识,其基本形式是:

$P \rightarrow Q$

或者

IF P THEN Q

其中, P 是产生式的前提, 用于指出该产生式是否可用的条件; Q 是一组结论或操作, 用于指出前提 P 所指示的条件被满足时, 应该得出的结论或应该执行的操作。例如, “IF 动物是长颈 AND 长腿 AND 喜欢吃树叶 THEN 这种动物是长颈鹿”, 就是用于表示长颈鹿的产生式。

■ 产生式表示法举例

在“识别动物”活动中, 所设定的表示动物的条件即是产生式规则。

为了识别动物园里的各种动物, 用一条 IF-THEN 规则识别一种动物也是可能的, 但这样很麻烦。因为, 这时规则的结论只是简单的一个说明动物名字的句子, 而规则的前提条件则要列举出足够多的特征, 以便正确地把各种动物区分开。系统工作时, 使用者首先要把所有可以得到的事实收集在一起, 然后, 在所有的产生式规则中逐个比较, 以寻找与前提条件相匹配的规则。

一个比较好的方法是产生中间事实。这样做的优点是涉及的规则少, 容易理解, 便于使用和建立规则。

为了便于说明, 这里把要识别的动物限于 7 种, 即假设有一个动物小世界, 里面有 7 种动物, 豹、虎、长颈鹿、斑马、鸵鸟、企鹅和海燕。到这个动物小世界中参观, 要区分出大大小小的各类动物, 并说出它们是什么动物, 需要有一定的动物学知识。同学们就是根据这些动物学知识以及眼前的事实类型的知识, 来识别动物种类的。

以下就是关于区别上述这些动物的产生式规则集合:

规则 1	如果该动物有毛发 那么它是哺乳动物
规则 2	如果该动物能产乳 那么它是哺乳动物
规则 3	如果该动物有羽毛 那么它是鸟类
规则 4	如果该动物能飞行 它能生蛋 那么它是鸟类
规则 5	如果该动物是哺乳动物 它吃肉 那么它是食肉动物
规则 6	如果该动物是哺乳动物 它长有爪子 它长有利齿

- 它眼睛前视
那么它是食肉动物
规则 7 如果该动物是哺乳动物
它长有蹄
那么它是有蹄动物
规则 8 如果该动物是有蹄动物
它反刍
那么它是偶蹄动物
规则 9 如果该动物是食肉动物
它的颜色是黄褐色
它有深色斑点
那么它是豹
规则 10 如果该动物是食肉动物
它的颜色是黄褐色
它有黑色条纹
那么它是虎
规则 11 如果该动物是有蹄动物
它有长腿
它有长颈
它有深色的斑点
那么它是长颈鹿
规则 12 如果该动物是有蹄动物
它的颜色是白的
它有黑色条纹
那么它是斑马
规则 13 如果该动物是鸟类
它不会飞
它有长腿
它有长颈
它的颜色是黑、白色相杂
那么它是鸵鸟
规则 14 如果该动物是鸟类
它不会飞
它能游水
它的颜色是黑、白色相杂
那么它是企鹅
规则 15 如果该动物是鸟类
它善于飞行
那么它是海燕

上面是一个由 15 条产生式规则构成的简单的产生式系统 (production system)，其前提和结论部分都是一些简单的判断句。其中前 4 条用于确定生物学分类是哺乳动物或是鸟类。前两条规则规定了识别哺乳动物的最基本条件，后两条规则规定了识别鸟类的最基本条件。规则 1 到规则 4 可把哺乳动物和鸟类动物区分开。规则 4 后的规则再把哺乳动物和鸟类进一步分成更细的类别。规则 5 到规则 8 把哺乳动物又进一步分为食肉动物和有蹄动物。这两类又可以利用下面规则进一步分类。规则 9、规则 10 对食肉动物进行了细分，规则 11、规则 12 对有蹄动物进行了细分。规则 13、规则 14、规则 15 是对鸟类分类。规则 13 IF 部分的条件“它有长腿”和“它有长颈”，也出现在规则 11 的 IF 部分，但由于规则 11 是适用于有蹄动物的分类，而规则 13 是适用于鸟类的分类，所以这两者不会引起混淆。

■ 产生式表示法的特点

产生式表示法非常清晰，其格式固定、形式简单，规则 (知识单位) 间相互较为独立，没有直接关系，用产生式表示法来建立专家系统的知识库较为容易，处理较为简单。产生式表示法用“如果……，则……”的形式表示知识，符合人类的思维习惯，是人们常用的一种表达因果关系的知识表示形式，既直观自然，又便于推理。另外，产生式表示法既可以表示确定的知识又可以表示不确定的知识，更符合人们日常遇到的问题。目前，大多数专家系统都用产生式表示法表示知识。

体验活动

1. 根据“学习指引”中有关动物识别的产生式规则的例子，完成辨别以下 7 种动物的黑箱实验 (填写所用到的规则序号)。

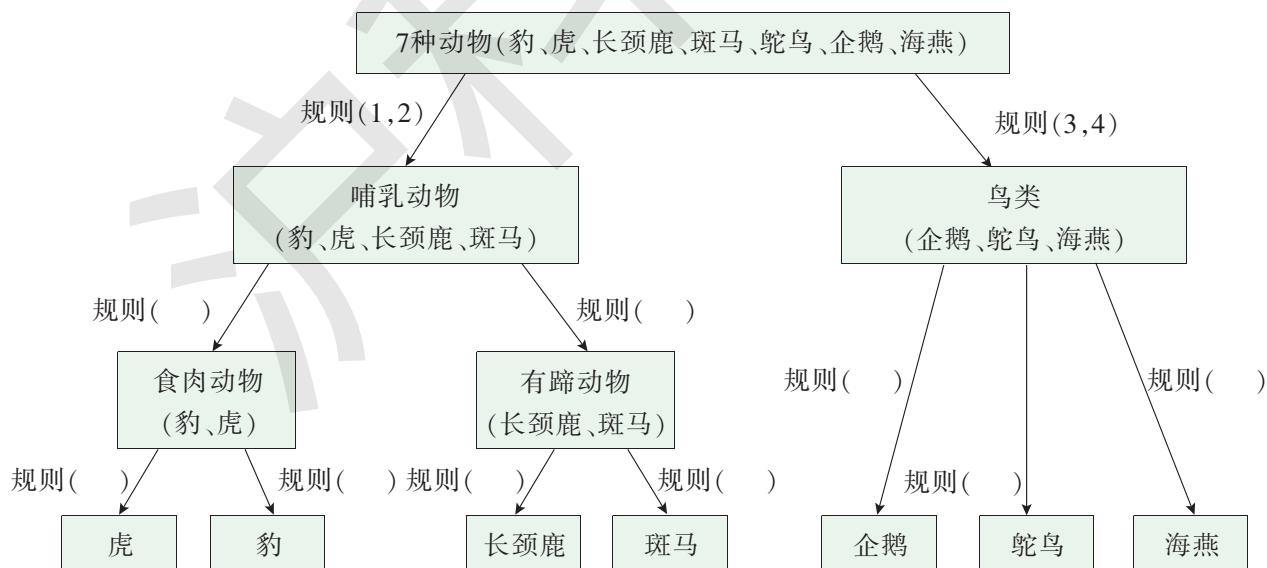


图 2-1 动物识别图

2. 用产生式表示法表示用于区分钢笔、圆珠笔、蜡笔、毛笔、自动铅笔、普通铅笔的规则集合。

第四节 状态空间表示法

一般来说,用计算机解决问题,首先要用程序去表示那些解答的步骤。在解题方法明朗时,可以用流程图表示解题方法;如果解题方法不明朗,可以采用状态空间表示法作为问题的表示方法。

活动 走迷宫

机器人要从如图 2-2 所示的迷宫的入口位置走到出口位置,其间,机器人可以向着相邻的可能进行移动的任何位置移动。

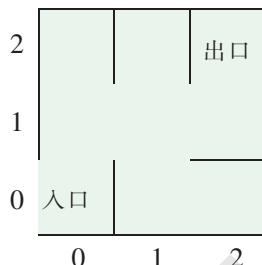


图 2-2 迷宫图

1. 把问题的所有可能的状态都表示出来,并在图 2-3 各格子位置标示,同时描述出问题的初始状态(initial state)和目标状态(goal state)。

$$S_0 = (0,0)$$

$$S_1 =$$

$$S_2 =$$

$$S_3 =$$

$$S_4 =$$

$$S_5 =$$

$$S_6 =$$

$$S_7 =$$

$$S_8 = (2,2)$$

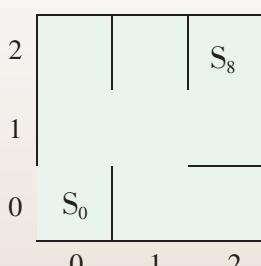


图 2-3 迷宫图

提示板

要描述问题的状态,首先必须定义问题状态的描述形式。这里可假设用 $S_k = (S_{KA}, S_{KB})$ 表示问题的状态, S_{KA} 表示机器人处于的横向位置, S_{KB} 表示机器人处于的纵向位置。在这个大小是 3×3 的迷宫里,机器人的状态共有 9 种可能。初始状态 S_0 和终止状态 S_8 的描述形式为:

$$S_0 = (0,0)$$

$$S_8 = (2,2)$$

提 示 板

所谓算符是一种表示状态与状态关系的符号,在本问题中,对应于机器人的移动方式,可以定义四种算符,即向上(U)、向下(D)、向左(L)、向右(R)。

移动方向	向上	向下	向左	向右
算符				

提 示 板

在状态空间表示法中,要求解的问题是以状态和算符集合的形式表示的。对于本活动的迷宫问题,可根据该状态空间的9种可能状态和4种算符,构造它的状态空间图。注意:完整的状态空间图应能体现问题的任意一个解。

2. 定义一组算符F。即用一组符号表示机器人从一种状态变化到另一种状态的移动方式。

3. 图2-4是一幅未完成的状态空间图,请先将图补充完整(状态表示及算符),然后写出能反映所有从初始节点(0,0)(状态S₀)到目标节点(2,2)(状态S₈)的通路。

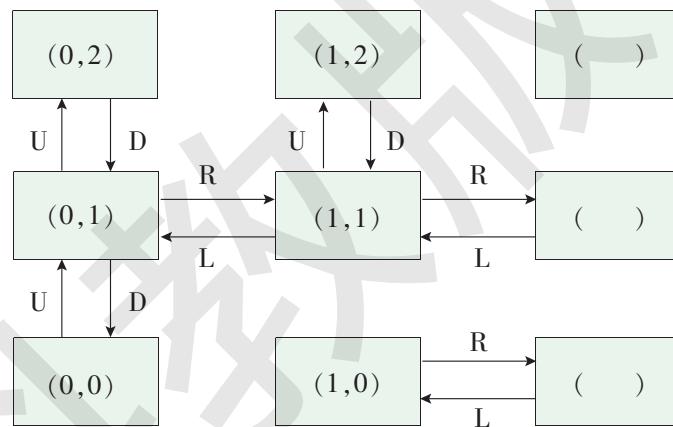


图2-4 迷宫问题的状态空间图

4. 根据上图,找到其中最短的通路。

这条通路由_____个算符组成。

这些算符依次是_____。



■ 状态空间表示法

1. 状态空间表示法

走迷宫其实是一个问题求解过程。现实世界中的问题求解过程实际上可以看作是一个搜索或者推理过程。推理过程实际上也是一个搜索过程,它要在知识库中搜索和前提条件相匹配的规则,然后利用这些规则进行推理,所以任何问题的求解本质都是一个搜索过程。为了让计算机能进行有效的搜索,需要对所求解的问题用适当的形式表示出来,表示方法的好

坏将直接影响到搜索效率。状态空间表示法就是用来表示问题及其搜索过程的一种方法。

状态空间表示法能方便地通过状态转换表示过程性知识,很直观,便于用程序设计语言表达和计算机存储处理,是讨论问题求解技术的基础。

2. 状态空间表示法的一些术语

状态空间表示法常用的术语有状态、算符、状态空间、问题的解等。

(1) 状态。描述问题求解过程中不同时刻状况的数据结构称为状态。一般用一组变量的有序集合表示: $Q=(q_0, q_1, \dots, q_n)$ 。其中元素 $q_i (i=0, 1, 2, \dots, n)$ 为集合的分量, 称为状态变量。当给每一个分量以确定的值时, 就得到了一个具体的状态。在“走迷宫”活动中, 一共有 $(0, 0)$ 、 $(0, 1) \dots \dots (2, 2)$ 等 9 种状态。

(2) 算符。引起状态中某些分量发生变化, 从而使问题由一个状态变为另一个状态的操作称为算符。算符可分为走步、过程、规则、数学算子、运算符号或逻辑符号等等。例如, 在产生式系统中, 每一条产生式规则就是一个算符; 而在下棋程序中, 一个算符就是一个走步。在“走迷宫”活动中, 设定了四种算符, 即向左(L)、向右(R)、向上(U)、向下(D)。

(3) 状态空间。由表示一个问题的全部状态及一切可用算符构成的集合称为该问题的状态空间。状态空间的图示形式称为状态空间图。状态空间图能够反映问题的部分或完整的状态空间。图 2-4 即为一个反映了部分状态空间的状态空间图。

(4) 问题的解。在从问题的初始状态出发, 经过一系列的算符运算, 到达目标状态的整个过程中, 由初始状态到目标状态所用算符的序列就构成了问题的一个解。如上述的“走迷宫”活动, 从 S_0 开始, 经历了 U、R、R、U 算符运算, 到达了 S_8 , 这个算符的序列就是迷宫问题的一个解。

■ 状态空间表示法表示问题的步骤

用状态空间表示法表示问题的步骤如下:

- (1) 定义状态的描述形式。
- (2) 用所定义的状态描述形式把问题的所有可能的状态都表示出来, 并确定出问题的初始状态描述和目标状态描述。
- (3) 定义一组算符, 使得利用这组算符可把问题由一种状态转变为另一种状态。

问题的求解过程是一个不断把算符作用于状态的过程。首先将适用的算符作用于初始状态, 以产生新的状态; 然后再把一些适用的算符作用于新的状态; 这样继续下去, 直到产生的状态为目标状态为止。这时, 就得到了问题的一个解, 这个解是从初始状态到目标状态所用算符的序列。

这里要说明的是: ①可能有多个算符序列都可使问题从初始状态变到目标状态, 这就得到了多个解。其中有的使用算符较少, 有的较多, 我们把使用算符最少的解称为最优解。对于走迷宫问题, 我们只是从解中算符的个数评价解的优劣, 在本书第 4 章中将会看到, 评价解的优劣主要还是看使用算符时所付出的代价, 只有总代价最小的解才是最优解。②对任何一个状态, 可使用的算符可能不止一个, 这样由一个状态所生成的后继状态就可能有多个。当对这些后继状态使用算符生成更进一步的状态时, 首先应对哪一个状态进行操作呢? 这属于搜索策略的问题, 不同的搜索策略其操作的顺序是不相同的。本书第 5 章将作出回答。



体验活动

完成图 2-5 中所示的迷宫求解问题。

(1) 标出问题的所有状态。

(2) 定义一组算符。

(3) 画出完整的状态空间图。

(4) 找出最短的通路。

这条通路由 个算符组成。

这些算符依次是

第五节 与/或图表示法

与/或图表示法通常用来描述问题的求解过程,它是把原始问题转换为等价的若干个问题,以此来寻找问题的解的表示形式。

活动 解三层汉诺塔问题



图 2-6 汉诺塔问题

汉诺塔问题来源于印度的一个关于世界末日的古老的传说。相传在古代印度的贝勒拿斯神庙中，安放着一块黄铜板，板上插着三根宝石柱，在其中一根柱子上，自上而下串上由小到大的64个金盘，这是由梵天在创造世界时留下的。金

盘由值班僧侣按照法则日夜不停地搬运，要求将这根柱子上的64个金盘按照一定的规则移到另外一根柱子上。当搬运完成时，世界将在一声霹雳中毁灭。世界末日的预言当然不可信，但这个游戏却十分有意思。为了简化任务，我们将要搬运的盘子数降为3个。游戏规则设定如下：

- (1) 一次只能移一个盘子。
- (2) 盘子只能套放在这三个柱子上。
- (3) 任何时候大盘不能放在小盘上面。

1. 将搬运的步骤记录下来。

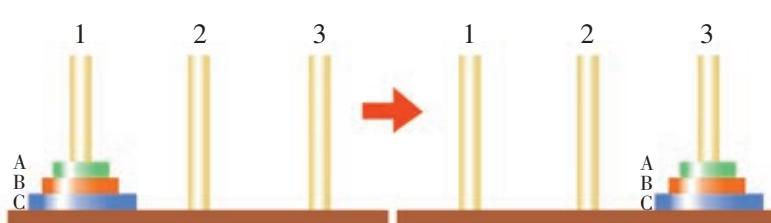


图 2-7 三层汉诺塔问题

搬运步骤记录

提
示
板

可用(ABC)表示三个盘的位置。例如,A盘在柱2,B盘在柱3,C盘在柱1,可表示为(231)。如果要表示A盘从柱2移到柱3,B盘仍在柱3,C盘仍在柱1,则可这样表示:(231)→(331)。

2. 交流各自的搬运步骤,总结出完成任务的几个关键性问题。



■ 与/或图表示法

与/或图通常用于将复杂问题转换为较简单的子问题。

1. 与图

人们一般在解答问题时总是将复杂的大问题分解为一组简单的小问题，将总问题分解为若干个子问题，这些小问题和子问题的全部集合等价于原问题，若所有小问题或子问题都解决了，则大问题或总问题也就解决了，这是与的逻辑关系。同样，子问题又可分为子子问题，以此类推，可以形成问题的与图，如图 2-8 所示。

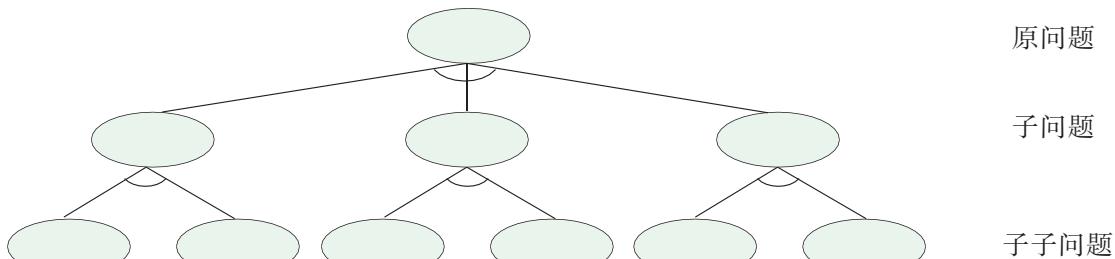


图 2-8 与图

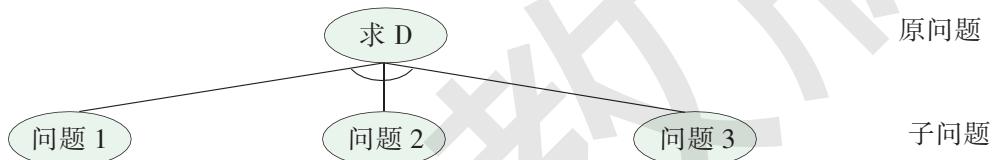
例如,我们在解数学题目 $D=[(A+B)\times C]^2$ 时,往往会假设两个中间变量 Y,Z ,设 $Y=A+B$, $Z=Y\times C$,这样该问题可以转换成三个子问题:

问题 1 计算 $Y=A+B$;

问题 2 计算 $Z=Y\times C$;

问题 3 计算 $D=Z^2$

该问题即可用以下与图表示:

图 2-9 解 $D=[(A+B)\times C]^2$ 的与图

2. 或图

将原问题转换为几个等价问题。如果这几个问题里有一个解决了,就相当于解决了原有的问题。这里是或的逻辑关系,其中的这些等价问题还有可能进一步再等价变换为若干其他等价问题,如此下去,可形成问题变换的或图。

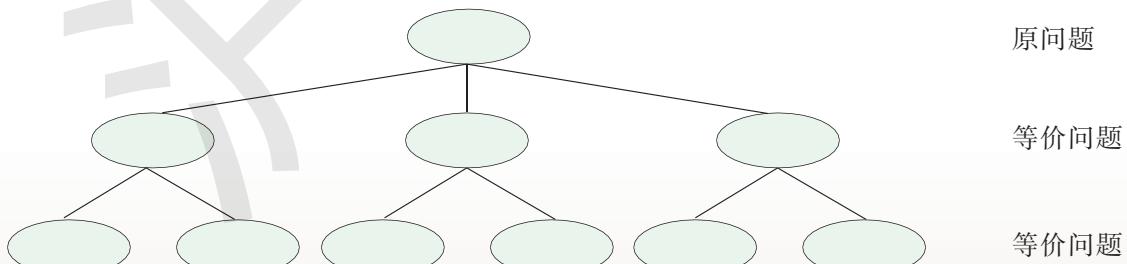


图 2-10 或图

例如,老师布置了以下的作业:

作业 A:写一篇关于汉诺塔的小论文

作业 B:编一段运行汉诺塔的程序

作业 C:在网上查找关于汉诺塔的资料

要求每个同学可以在以上任务中任选一项完成,即要么写一篇小论文,要么编一段程

序,要么查找资料。这些任务只要完成一项,即算完成了作业。这三项任务就是等价的,可以用以下的或图表示:

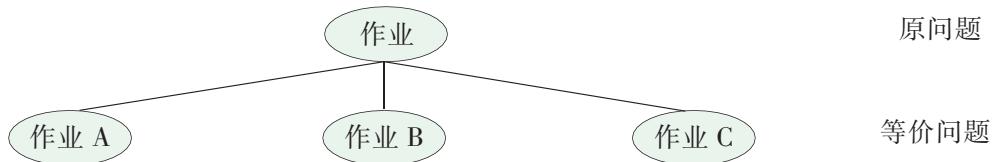


图 2-11 完成作业的或图

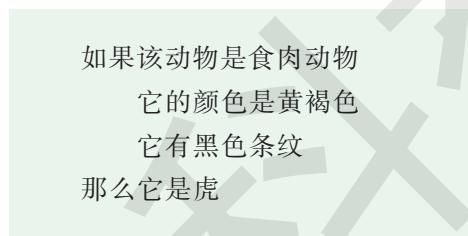
在实际问题求解过程中,常常是分解和变换方法兼用,因而可用与图和或图相结合的图——与/或图表示法。

■ 使用与 / 或图表示问题

与/或图表示法将总问题描述变换为子问题描述。问题描述可以有表列、树、字符串、矢量、数组等各种数据结构形式。表示问题时通常从目标问题出发逆向推理,建立子问题以及子问题的子问题,直至最后把目标问题转换成一个不能再继续分解的问题的集合。这就是与/或图表示法的实质。

例 1

对于动物识别问题,如果我们要识别的动物是虎,根据已有的知识:

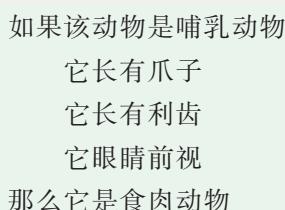


上述条件要同时满足才能判断该动物是虎,这三个条件形成了“与”的关系,如图 2-12 所示。



图 2-12 判断动物是否是虎的与图

但是,如果不知道该动物是不是食肉动物,则需要对该问题继续进行分解,根据已有的知识:



如果该动物是哺乳动物
它吃肉
那么它是食肉动物

上述两组条件形成了一种“或”的关系,只要满足其中一组条件,即可认为该动物是食肉动物。要注意的是,同组内的各个条件是与的关系。

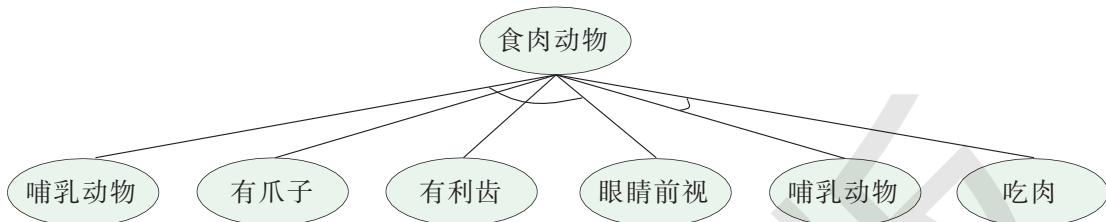


图 2-13 判断动物是否为食肉动物的与/或图

将以上两个图合并起来,即构成了识别动物是否是老虎的与/或图。

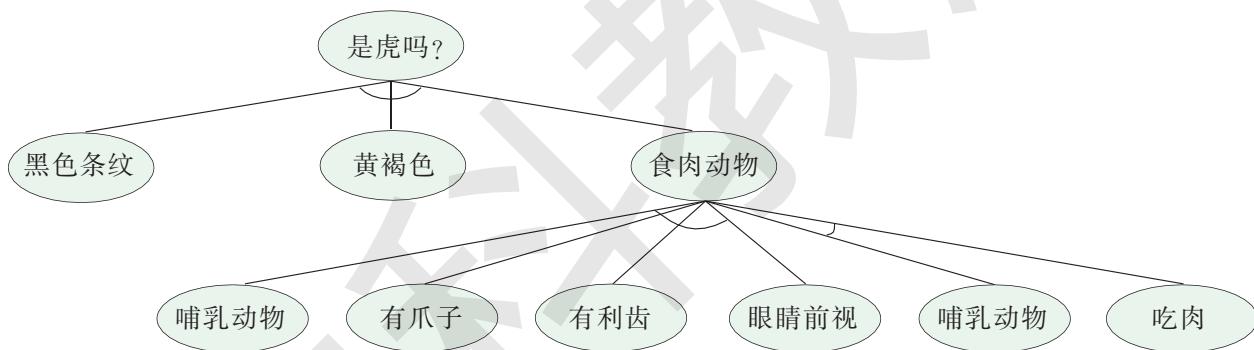


图 2-14 识别动物是否是虎的与/或图

例 2

前面活动中的汉诺塔问题也可以用与/或图表示。首先,可以用一个包含两个数列的表列来进行汉诺塔问题的描述。如 $[(111) \rightarrow (333)]$ 就意味着把状态 111 变换为状态 333。其中数列中的三个变量分别表示圆盘 A、B、C 的位置,例如 111 就表示 A 盘、B 盘、C 盘在柱 1 上。其次,要将该问题不断地分解成为容易解决的子问题,直至问题不能再分解为止。当只有一个盘作移动的时候就是一个不能再继续分解的问题。

用与/或图表示活动中的解答过程如下:首先规定汉诺塔状态的描述方式为(A 盘位置 B 盘位置 C 盘位置),则其初始状态为(111),表示三个盘子都在柱 1 上。

通过前面的实验,可以总结出完成任务的几个关键性问题:

(1) 要把所有圆盘都移至柱 3,必须首先把 C 盘移至柱 3,而且在移动 C 盘至柱 3 之前,要求柱 3 必须是空的。

(2) 只有在移开 A 盘和 B 盘之后,才能移动 C 盘;而且 A 盘和 B 盘不要移至柱 3,否则

就不能把C盘移至柱3上,因此,首先应该把A盘和B盘移到柱2上。

(3) 把C盘从柱1移到柱3,并继续解决问题的其余部分。

由此可见,可以把三层汉诺塔分解成以下三个简化的子问题:

(1) 移动A盘和B盘至柱2的双圆盘问题。

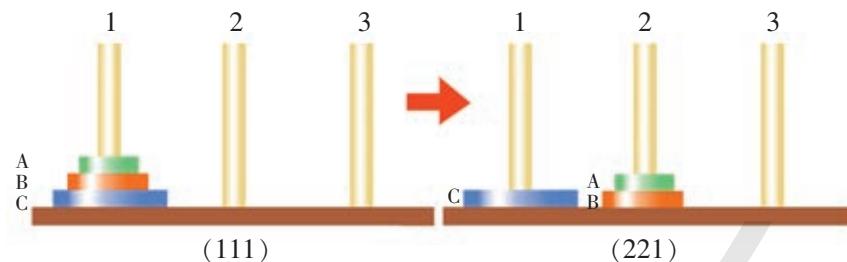


图 2-15 移动 A 盘和 B 盘至柱 2 的双圆盘问题

(2) 移动C盘至柱3的单圆盘问题。

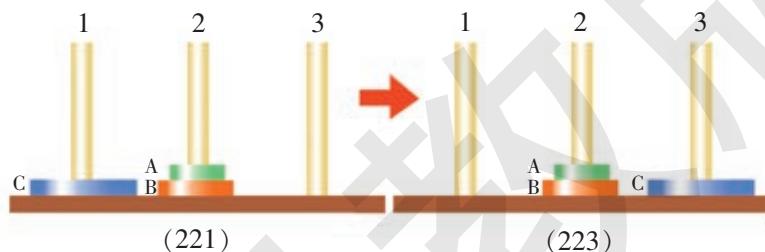


图 2-16 移动 C 盘至柱 3 的单圆盘问题

(3) 移动A盘和B盘至柱3的双圆盘问题。

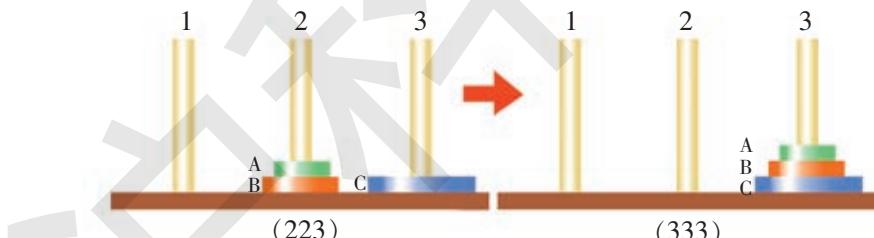


图 2-17 移动 A 盘和 B 盘至柱 3 的双圆盘问题

以上简化三层汉诺塔问题的过程可用图 2-18 所示的与图表示。

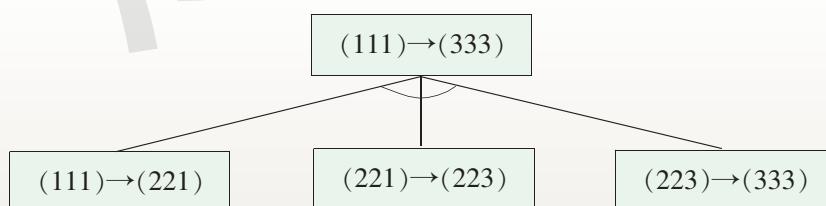


图 2-18 三层汉诺塔问题的与图

显然,单圆盘问题是不能再继续分解的问题,比较容易解决,而双圆盘问题则需要进一步的分解。

(1) 把移动 A 盘和 B 盘至柱 2 的双圆盘问题简化为单圆盘问题。

a. 移动 A 盘至柱 3 的单圆盘问题。

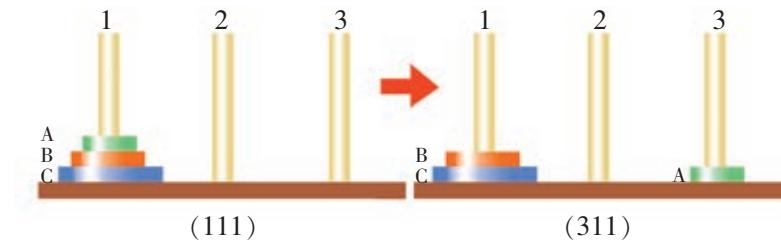


图 2-19 移动 A 盘至柱 3 的单圆盘问题

b. 移动 B 盘至柱 2 的单圆盘问题。

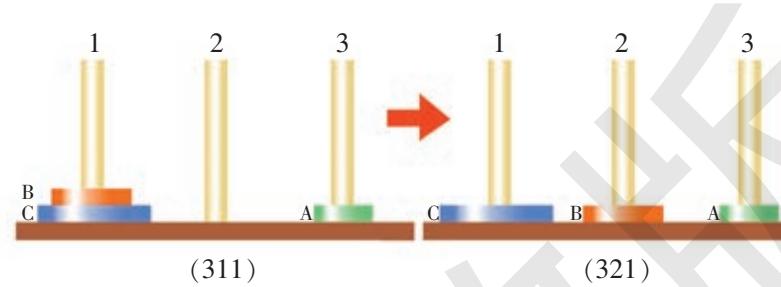


图 2-20 移动 B 盘至柱 2 的单圆盘问题

c. 移动 A 盘至柱 2 的单圆盘问题。

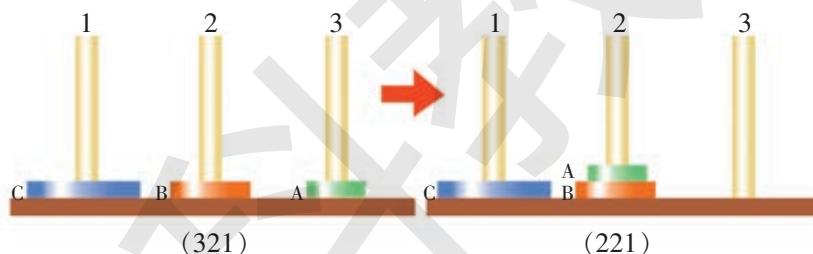


图 2-21 移动 A 盘至柱 2 的单圆盘问题

以上简化为单圆盘问题的过程可用图 2-22 所示的与图表示。

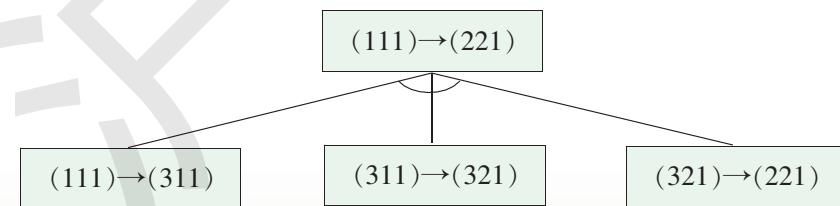


图 2-22 移动 A 盘和 B 盘至柱 2 的与图

(2) 把移动 A 盘和 B 盘至柱 3 的双圆盘问题简化为单圆盘问题。

a. 移动 A 盘至柱 1 的单圆盘问题。

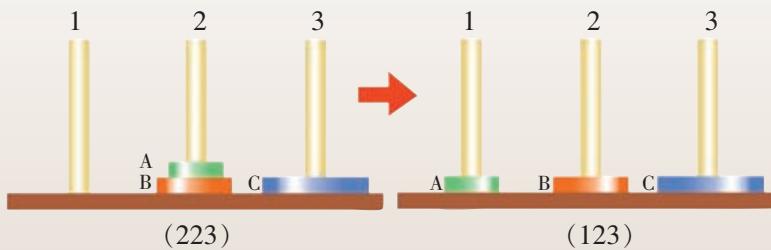


图 2-23 移动 A 盘至柱 1 的单圆盘问题

b. 移动 B 盘至柱 3 的单圆盘问题。

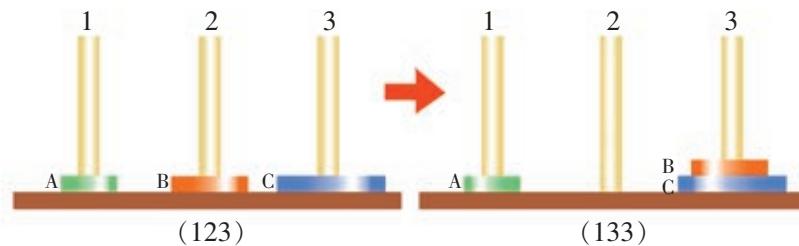


图 2-24 移动 B 盘至柱 3 的单圆盘问题

c. 移动 A 盘至柱 3 的单圆盘问题。

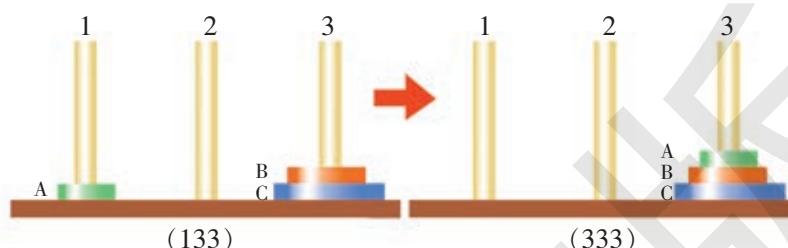


图 2-25 移动 A 盘至柱 3 的单圆盘问题

以上简化为单圆盘问题的过程可用图 2-26 所示的与图表示。

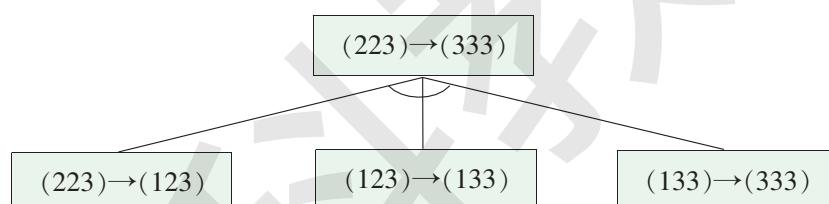


图 2-26 移动 A 盘和 B 盘至柱 3 的与图

最后, 将以上各单圆盘问题用与/或图表示出来即反映了解决三层汉诺塔问题的过程(如图 2-27)。

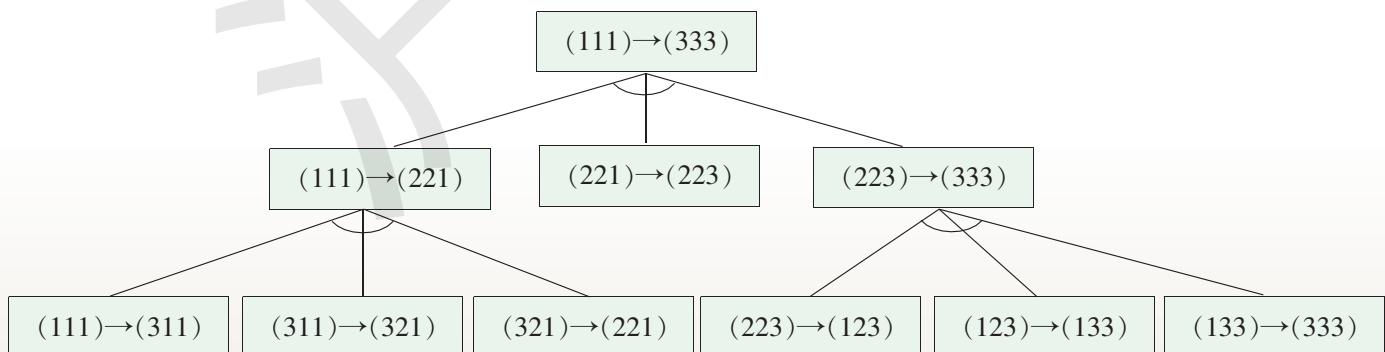


图 2-27 三层汉诺塔问题的与/或图

从以上两个实例可以看到,与/或图表示法能方便地表述陈述性知识,且非常直观,有助于问题的分析,便于用程序设计语言表达及计算机存储处理。



体验活动

1. 从网上下载汉诺塔游戏程序,对解决三层汉诺塔问题的与/或图进行验证。
2. 请根据第三节中所介绍的动物识别的产生式规则,画出一个完整的识别豹的与/或图。

第六节 谓词逻辑表示法

谓词逻辑表示法是一种最早应用于人工智能中的知识表示方法。它能够较精确地表达人类思维活动的规律。它与人类的自然语言比较接近,又可方便地存储到计算机中去,让计算机做精确处理。

活动 比较自然语言表示与谓词逻辑表示

提 示 板

人类的一条知识一般可以由具有完整意义的一句话或几句话表示出来,而这些知识可以用**谓词逻辑表示法**表示出来。如**friend(tom,jerry)**。其中**friend**表示**tom**和**jerry**关系的符号,称为**谓词**(predicate)。

1. 比较自然语言的表示与谓词逻辑的表示。

自然语言表示	谓词逻辑表示
玫瑰是红色的	red(rose)
汤姆和杰瑞是朋友	friend(tom,jerry)
比尔喜欢阅读	likes(bill,reading)
七加二	add(7,2)

2. 找出上表中谓词逻辑表示一列各句句子中的谓词,说说它的含义。



学习指引

■ 谓词逻辑表示法的组成

1. 谓词逻辑表示法中的谓词

在这个世界上,万事万物都可以看成是一种“对象”,这些对象可以是相当具体的,如“浦东机场”、“小张”、“铅笔”等等;也可以是抽象的,如数字“7”、“阅读”;甚至是虚构或是创造的,如“仙女”、“外星人”等。总之,只要是能用语言来表述、具有某种含义的事物,我们都可以称之为“对象”。

对象之间存在着各种关系,比如 friend, likes 等;对象的属性或者特征也可以看成是一种一元的关系。另外,函数是一种特殊的关系。我们把表示各种关系的符号称作“谓词”,关系中所包括的对象则作为谓词的参数。这两者就组成了一个谓词结构——谓词(参数列表)。就如上述活动中的 red(rose),其中 red 是谓词,rose 是 red 的对象,也就是谓词的参数。

2. 谓词逻辑表示法中的符号

有了谓词还不能全面地描述知识,因为不少知识中存在对象与对象的关系,于是谓词逻辑表示法中又设定了一些符号来表示这些关系。

对事实性知识,谓词逻辑的表示法通常是由以合取符号 \wedge (表示与的关系) 和析取符号 \vee (表示或的关系) 以及取反符号 \sim (表示否定的意思) 等连接形成的谓词公式来表示。

例如,对事实性知识“张三是学生,李四也是学生”,可以表示为:

$\text{isstudent}(\text{张三}) \wedge \text{isstudent}(\text{李四})$

这里, $\text{isstudent}(x)$ 是一个谓词结构,表示 x 是学生,其中, isstudent 是谓词, x 是谓词的参数。

对规则性知识,谓词逻辑表示法通常由以蕴涵符号 \rightarrow (即蕴涵式) 来表示。

例如,对于规则:

如果 x , 则 y

可以用下列的谓词公式进行表示:

$x \rightarrow y$ 或者 IF x THEN y

3. 量词

谓词中的对象可以是常量,也可以是变量。例如 $\text{man}(X)$ 表示 X 是一个人的事实,这个 X 就是一个变量。

如果要表示所有的人都有名字,或者表示有一个人很聪明,则需要引入“量词”的概念。量词用来描述谓词和对象之间的关系,可以分为全称量词和存在量词。

全称量词代表所有的意思,记作 $\forall X$, 例如所有的人都有姓名,可以表示为:

$(\forall X)(\text{human}(X) \rightarrow \text{name}(X))$

存在量词表示至少有一个的意思,记作 $\exists X$, 例如有一个人很聪明,可以表示为:

$(\exists X)(\text{human}(X) \rightarrow \text{clever}(X))$

举例来说,可定义如下谓词:

$\text{man}(X)$ (X 是人)

$\text{loves}(X, Y)$ (X 喜欢 Y)

$\text{n}(X)$ (X 是自然数)

$\text{i}(X)$ (X 是整数)

$\text{e}(X)$ (X 是偶数)

$\text{o}(X)$ (X 是奇数)

$\text{gz}(X)$ (X 大于零)

则可以用谓词表示如下意思:

“有的人喜欢劳动”用谓词公式表示为 $(\exists X)(\text{man}(X) \rightarrow \text{loves}(X, \text{labour}))$ 。

“自然数都是大于零的整数”表示为 $(\forall X)(\text{n}(X) \rightarrow \text{gz}(X) \wedge \text{i}(X))$ 。

“所有的整数不是偶数就是奇数”表示为 $(\forall X)(i(X) \rightarrow e(X) \wedge o(X))$ 。

■ 用谓词逻辑表示知识的步骤

用谓词逻辑既可以表示事物的状态、属性、概念等事实性的知识,也可以表示事物间具有确定因果关系的规则性知识。用谓词逻辑表示知识的步骤如下:

- (1) 定义谓词及对象,确定每个谓词及对象的确切含义。
- (2) 根据所要表达的事物概念,为每个谓词中的对象赋予特定的值。
- (3) 根据所要表达的知识的语义,用适当的连接符号将各个谓词连接起来,形成谓词公式。

例如,设有下列事实性知识:

李明是一名计算机系的学生,但他不喜欢编程序。

首先定义谓词如下:

$computer(x)$ (x 是计算机系的学生)

$likes(x, y)$ (x 喜欢 y)

这里涉及的对象有:李明(liming),编程序(programming)。

第二步:将这些对象代入谓词中,得到

$computer(liming), \sim likes(liming, programming)$

第三步:根据语义,用逻辑连接词将它们连接起来,就得到了表示上述知识的谓词公式:

$computer(liming) \wedge \sim likes(liming, programming)$

■ 谓词逻辑表示法的特点

谓词逻辑表示法接近于自然语言,用它表示问题易于被人理解和接受。用谓词逻辑表示法表示的知识易于模块化,便于对知识的增加、删除和修改,比较容易被计算机处理。但是,它只适宜于确定性知识的表示,不适宜于不确定性知识的表示。

体验活动

1. 请将下表右列的谓词逻辑表示法补充完整。

自然语言	谓词逻辑表示法
小明喜欢游泳	$likes(xiaoming, swimming)$
汽车的颜色是红的	$red()$
小明的成绩是优	$grade(xiaoming,)$
汤姆和杰瑞是朋友	
小明喜欢游泳,也喜欢足球	$likes(xiaoming, swimming) \wedge$
明天要么是晴天,要么是多云	$sunny(tomorrow) \wedge cloudy(tomorrow)$
小王不喜欢足球	
如果明天下雨就不去苏州旅游	

下页续

接上页

2. 下面是一段用谓词逻辑表示法表示的语句,描述的是一家人之间的关系,请根据这些语句的描述指出该家庭中各成员相互间的关系,并完成填空。(注:下例中的son(A,B)表示 A 的儿子是 B, mother(A,B)表示 A 的妈妈是 B。)

son(john,dan).
married(john,mary).
brother(harold,dan).
sister(mary,susan).
mother(suzan,sue).

- (1) dan 和 mary 的关系是_____。
- (2) harold 和 susan 的关系是_____。
- (3) john 和 sue 的关系是_____。
- (4) harold 和 sue 的关系是_____。



后续活动

1. 比较本章所介绍的各种知识表示法,写出它们各自的特点。

表示法的名称	特 点
框架	
产生式	
状态空间	
与/或图	
谓词逻辑	

2. 为下面的 4 个实例分别选择一个合适的知识表示法,并说明理由。然后选择一个实例,用知识表示法表示出来。

实例 1

图书馆中为了方便查找图书,设有书目索引卡(如图 2-28 所示)。

实例 2

学校排课表的规则如下:

如果是体育课,则不能排在上午第一节。

如果是选修课,则必须排在下午。

如果是周五,则下午第一节是班会课。

.....

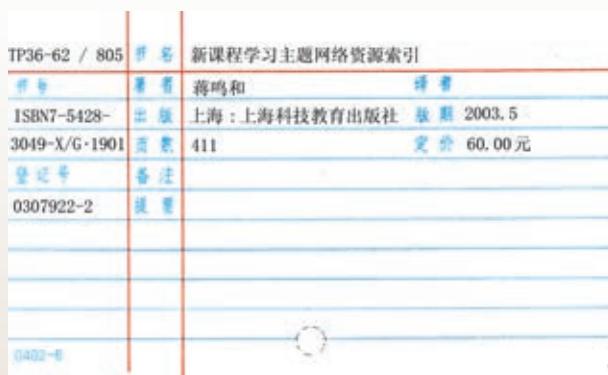


图 2-28 书目索引卡

实例 3

量水游戏:有两个无刻度标记的量杯 A 和 B,其容量分别是 4 升和 3 升,现允许用量杯从水缸里取水或将水倒回水缸,而且两个量杯中的水也可以相互倾倒(不许外溢),试问如何通过倒水操作,能够在 4 升的量杯中准确获得 2 升的水量。(提示:对于这类量水问题,可量出的水量只有满足 C/GCD 的余数等于 0 时才有可能, C 代表可量得的水量, GCD 是两个量杯容量的最大公约数。对这个问题 $GCD=1$,因此只有 1 升、2 升、3 升、4 升的水量才能量出来。)

实例 4

设有两个平行四边形 ABCD 和 A'B'C'D',列出证明这两个平行四边形全等的方法。

问题	表示法名称	理 由
实例 1		
实例 2		
实例 3		
实例 4		



评 价

一级指标	评价内容	评价(★★★、★★、★)		
		自评	互评	教师评
信息技术知识	了解知识的概念和特征			
	理解谓词逻辑、产生式、与/或图、框架和状态空间等各种知识的表示方法			
	体会不同的知识表示法的特点及适用的范围			
信息技术能力	能够使用各种表示方法描述知识			
	能够合理选择知识表示方法描述知识			
行为	能够主动尝试使用各种知识表示法			
	能够尝试使用多种知识表示法解决某个问题			
交流体会:(各种不同的知识表示方法在描述知识的时候有何异同?它们各自适合描述哪一类的知识?)				



参考资料

语义网络表示法

语义网络也是一种常用的知识表示方法。1968年,奎连在研究人类联想记忆时,认为记忆是由概念间的联系实现的,提出了知识表示的语义网络模型。1972年西蒙首先将语义网络表示法用于自然语言理解系统。

客观世界中的事物是错综复杂的,相互间除了具有因果关系、隶属关系等表面上的一些关系外,各事物、概念等之间还存在着含义上的联系或者语义上的联系。语义网络就是为了描述概念、事物、属性、情况、动作、状态等以及它们之间的语义联系而引入的一种知识表示方法。它是由节点及节点间带标记的连接弧组成的图形。网络中的节点表示事物、对象、状态、概念等;连接弧表示节点间的关系,可以用标记说明具体的语义关系。

一个最简单的语义网络可由如下的一个三元组表示:

(节点1,弧,节点2)

这个三元组被称作基本网元,可用图2-29表示。其中A和B分别代表节点,而R则表示A和B之间的某种语义联系。



图2-29 基本网元示意图

例如,对于“雪是白色的”这一知识,我们可以用图2-30表示,其中“雪”和“白色的”是两个节点,“颜色”则是表示两者的语义联系。



图2-30 基本网元实例图

把多个基本网元用相应的语义联系关联在一起时,就可以得到一个语义网络,如图2-31所示。

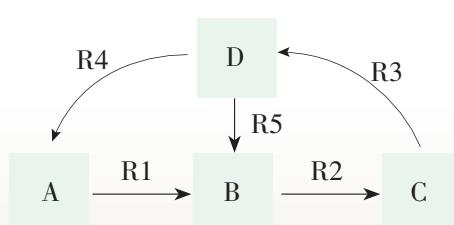


图2-31 语义网络图

例如,“山鸡是一种鸡”,可以表示为图2-32(a)的语义网络。如果我们还希望进一步指出“鸡是一种飞禽”,“飞禽是一种动物”,并分别指出它们所具有的属性,则只要在图中增加“飞禽”和“动物”两个节点和两条弧,并对每个节点赋予相应的属性即可,如图2-32(b)所示。

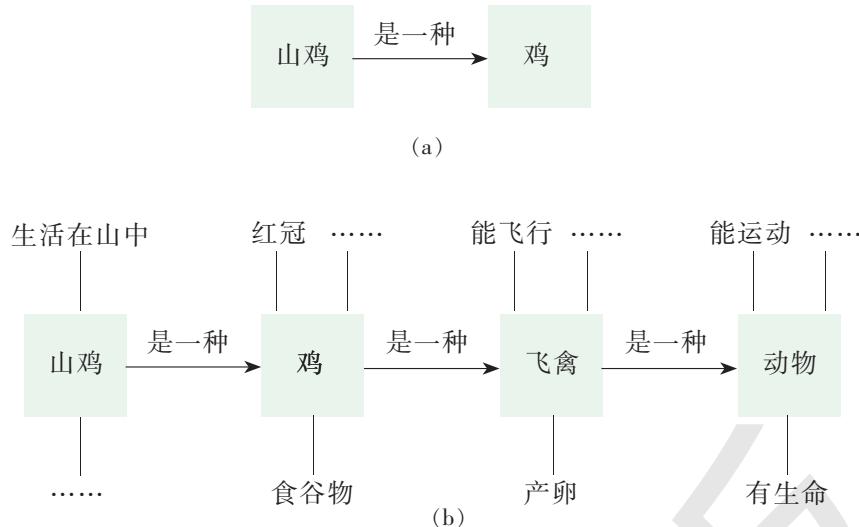


图 2-32 山鸡的语义网络图

这里需要指出的是,概念的属性具有继承的特性,即下层概念可以继承上层概念的属性,这样就可在下层概念中只列出它独有的属性,而上层概念中的属性它都具有。比如,“飞禽”是一种动物,动物通常具有的一般属性,它都具有,但会飞则是它独有的属性,因为并不是所有的动物都会飞。

语义网络表示法有下列特点:

- (1) **结构性**。语义网络表示法是一种结构化的知识表示方法。它能将事物的属性以及事物间的各种语义联系明确地表示出来。
- (2) **自然性**。语义网络表示法可直观地把事物的属性及事物间的语义联系表示出来,便于理解,自然语言与语义网络之间的转换也比较容易实现。
- (3) **联想性**。语义网络表示法最初是作为人类联想记忆模型提出来的,其表示方法着重强调事物间的语义联系,由此就可把各节点的联系以明确、简洁的方式表现出来,通过这些联系,很容易找到与某一节点有关的信息。这样便于以联想的方式实现对系统的检索。
- (4) **非严格性**。语义网络表示法的缺点是没有公认的严格的表示体系,或者说是表示形式没有严格性。所以,一个语义网络所表达的含义,完全依赖于处理程序如何对它进行解释,不同的处理程序对其解释可能不同。