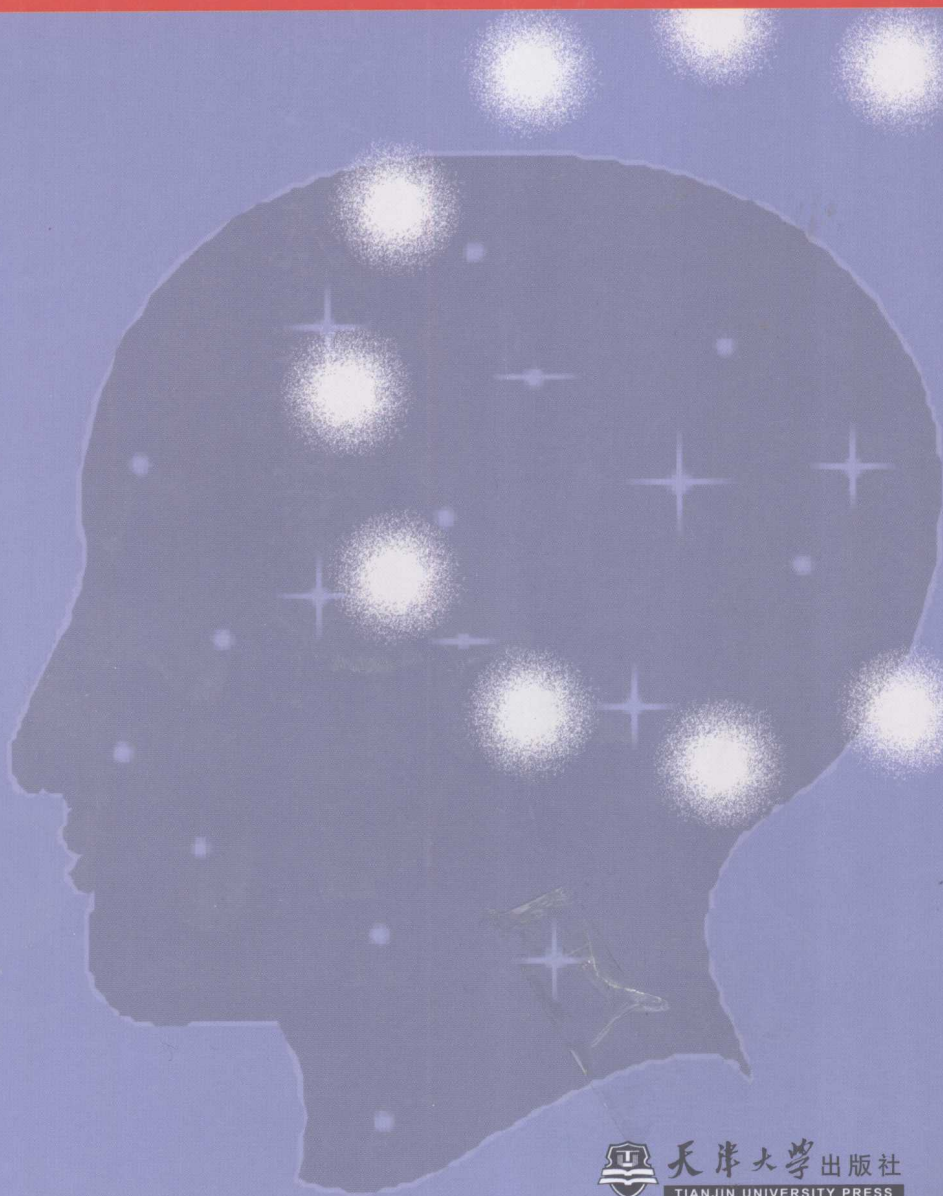


张炳达 编著

Zhineng Xinxi Chuli Jishu Jichu

智能信息处理技术基础



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

智能信息处理技术基础

张炳达 编著

内容提要

本书着重介绍了计算智能中的人工神经网络、模糊逻辑技术和进化计算,经典人工智能中的搜索技术以及数据挖掘中的 Apriori 算法、粗糙集理论、聚类分析方法。本书强调先进性、实用性和可读性,可作为电气工程、控制科学与工程、仪器科学与技术、机械工程等非计算机科学与技术专业类的本科生和研究生学习人工智能的教材,也可供从事科学研究、开发和应用的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能信息处理技术基础/张炳达编著. —天津:天津大学出版社,2008. 10

ISBN 978 - 7 - 5618 - 2819 - 9

I. 智… II. 张… III. 人工智能—信息处理 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 153318 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022—27403647 邮购部:022—27402742
印 刷 迁安万隆印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 10.25
字 数 256 千
版 次 2008 年 10 月第 1 版
印 次 2008 年 10 月第 1 次
印 数 1—3 000
定 价 17.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

人工智能诞生于 20 世纪 50 年代,迄今为止已取得了可喜的成就,在工业、农业、气象、地质、建筑、交通运输、数学、物理、化学、医学、军事等各个领域得到了广泛的应用,被誉为 20 世纪的重大科技成就之一。在面向知识经济的今天,研究获取、表示和使用知识的人工智能学科越来越受到人们的重视。目前,全国许多高校为非计算机科学与技术专业类的本科生开设了“人工智能”课程,把它作为提高学生综合素质,培养高水平、创新型人才的一项重要举措。

人工智能是一门前沿和交叉学科,其研究内容十分广泛。从大的方面来说,主要分为经典人工智能、计算智能和其他智能理论。编者认为,计算智能是目前应用最广泛的技术,且具有十分良好的发展前景。因此,本教材编写的宗旨是:着重介绍计算智能中的人工神经网络、模糊逻辑技术和进化计算,经典人工智能中的搜索技术以及数据挖掘中的 Apriori 算法、粗糙集理论、聚类分析方法,目的是为工科学生奠定一些智能技术方面的基础知识,使他们在管理、开发和利用信息资源方面有一个较宽广的眼界。

本书一方面强调科学性和先进性,另一方面强调实用性和可读性。在本书编写过程中,对重要内容强化实用性介绍,便于学生接受、理解、掌握和巩固所学的基本理论和方法,促使学生学以致用,理论密切联系实际。本书中所附程序清单由孙玲、刘东等编写,这部分内容可加深对相关理论或方法的理解,建议读者亲自上机验证和扩充。

在本书编写过程中,参阅了大量的国内外相关专著、教材和许多高水平论文,在此向其作者们表示衷心的感谢!

限于编者的水平、能力和经验,本教材中一定存在着很多错漏和其他不妥之处,真诚地希望使用本教材的高校教师、学生和广大读者积极提出宝贵意见。

编 者
2008 年 8 月

目 录

第1章 人工智能概述	1
1.1 信息与信息技术	1
1.2 智能与智能技术	4
1.3 人工智能的研究内容与应用领域	5
第2章 搜索技术	10
2.1 状态空间搜索法	10
2.2 盲目搜索方法	12
2.3 启发式搜索	15
2.4 博弈搜索	18
第3章 人工神经网络	23
3.1 人工神经网络的基本概念	23
3.2 前馈型神经网络	25
3.3 反馈型神经网络	31
3.4 自组织神经网络	37
第4章 遗传算法	41
4.1 遗传算法的基本思想	41
4.2 编码方法	45
4.3 适应度函数	49
4.4 遗传操作	52
4.5 运行参数选择及自适应	56
4.6 基因模式定理	59
4.7 遗传算法的应用	61
4.8 进化策略与进化规划	64
第5章 模糊计算	67
5.1 模糊集合及其运算规则	67
5.2 模糊关系	73
5.3 模糊推理	76
5.4 模糊控制器的基本概念	79
5.5 模糊控制器的控制规则	87
第6章 数据挖掘	95
6.1 数据挖掘的基本概念	95
6.2 数据挖掘前的预处理	98
6.3 基于关联规则的数据挖掘	101
6.4 基于粗糙集理论的数据挖掘	110

6.5 基于聚类分析的数据挖掘 116

附录 A 程序清单 122

附录 B 运行结果 154

参考文献..... 157

第 1 章 人工智能概述

科学技术经历 20 世纪的巨大发展,迈向了以信息技术为火车头的新时代。如果说机械化、电气化作为人手的延伸已显著地减轻了人类体力劳动强度的话,那么,信息化、智能化将作为人脑的扩展而大大地提高脑力劳动的效果。本章简要地介绍信息与信息技术、智能与智能技术的基本概念,以及人工智能的研究内容与应用领域。

1.1 信息与信息技术

1.1.1 信息的定义与分类

1. 信息的定义

在确定信息的广义定义以前,首先来看一看“数据”的定义。

数据本身没有意义,它是对事实、概念或指令的一种客观表达形式,它存储在媒介物上,它可以被人工或自动化装置进行加工、处理和交换。例如,“110”是数据;“古人遗物上的符号”也是数据。

从广义上讲,信息是经过加工的数据,是可以用于通信的知识,它能对接收者的行为产生影响,对接收者的决策具有价值。例如,“110”对于我国的警察来说是信息,那意味着有人需要救助;“古人遗物上的符号”对于考古学家来说是信息,因为他们可以理解那些符号。

2. 信息的特征

信息具有以下特征:

- ①信息可用存储介质存储并可通过人工或传播媒介进行传输;
- ②通过感觉器官或探测设备可以获取信息,通过某些识别手段能够确认其表述的客观性与真实性;
- ③信息通过加工可形成知识,因此信息是一种有价值的资源,可以为人们所共享和利用。

3. 信息的作用

信息的作用如下:

- ①人们需要通过信息来学习知识,进行科研与创新,了解与掌握客观世界,进而改造客观世界;
- ②对人与组织运行状态信息的掌握与分析以及进行决策所依据信息的程度成为现代管理水平的重要标准,信息是企业管理的主要的内部资源之一;
- ③对生产活动的控制,对经济活动的控制,都离不开信息的及时反馈,通过对这些活动的控制,使信息转化成财富。

4. 信息与消息、情报、知识之间的联系与区别

人们通常所说的“消息”是指包含某种内容的音讯,如“小道消息”特指非正式渠道的传闻。消息是信息的一种反映形式,信息是消息的实际内容。不同的消息中包含的信息量是不同的,有的消息中包含的信息量大一些,有的小一些,有的消息中甚至不包含信息。不包含信息的消息实际上是非真实的,因为信息的客观性不存在了。

情报是指有目的、有时效、经过传递获取的、具有特定价值的情况报道或资料经过整理、抽

取后的结果。信息的范围要比情报广泛得多。可以说所有的情报都是信息,但不能说所有的信息都是情报。

知识是人类社会实践经验的总结,是人的主观世界对客观世界的概括和反应。信息也不等于知识。有的信息有丰富的知识内容,有的信息就没有什么知识内容。信息经过加工处理才能形成知识。因此,知识是信息的高级形态。

5. 信息的分类

按照不同的分类方式,可以将信息进行如下的分类。

①按产生机制可分为自然信息与社会信息。自然信息是指自然界中的各种信息,以及人类生产的物质所产生的信息反馈,包括生命信息、非生命物质存在与运动信息、生命物质和非生命物质之间的作用信息等。社会信息是指人类各种活动所产生、传递与利用的信息,包括人—人作用信息、人—机作用信息等。

②按感知方式可分为直接信息与间接信息。直接信息是从人的直接经验中所获得的信息,多指人们直接观察到的事实和现象,亦即物质运动的存在形式。间接信息是指关于事物存在状态与运动形式的描述(多指经过加工整理后的资料、数据等),是人们对客观事物的反应,是事物运动的表达形式。

③按动静状态可分为动态信息与静态信息。动态信息是指时间性极强、瞬息万变的新闻和情报(如军事情报、新闻信息、市场信息、股票信息、金融信息)等信息。静态信息是指历史文献、档案资料等相对稳定、固化的信息。

④按加工处理程度可分为一次信息、二次信息、三次信息等。一次信息是指未经加工或略微加工的原始信息,如会议记录、论文、专著、统计报表等。二次信息是指在原始信息的基础上加工整理而成的供检索用的信息,如文摘、书目、索引等。三次信息是指根据二次信息提供的线索,查找和使用一次信息以及其他材料,进行浓缩、整合后产生的信息,如研究报告、综述、述评等。

1.1.2 信息的概念与信息技术分类

1. 信息的概念

对于信息技术,目前还没有一个准确而又通用的定义。为了研究和使用的方便,学术界、管理部门和产业界等都根据各自的需要与理解给出了自己的定义,估计有数十种之多。信息技术定义的多样化,不仅反映在语言、文字和表述方法的差异上,而且也有对信息技术本质属性理解方面的差异。比较有代表性的信息技术定义主要有以下六种。

①信息技术是基于电子学的计算机技术和通信技术的结合而形成的对声音、图像、文字、数字和各种传感信号的信息进行获取、加工处理、存储、传播和使用的相关技术。

②信息技术是指在计算机和通信技术支持下用以获取、加工、存储、变换、显示和传输文字、数值、图像、视频、音频以及语音信息,并且包括提供设备和信息化服务两大方面的方法与设备的总称。

③信息技术是人类在生产斗争和科学实验中,在认识自然和改造自然的过程中,所积累起来的获取信息、传递信息、存储信息、处理信息以及使信息标准化的经验、知识、技能,以及体现这些经验、知识、技能的劳动资料有目的的结合过程。

④信息技术是在信息加工和处理过程中使用的科学技术、工艺原理和管理技巧,以及与此相关的社会、经济与文化问题。

⑤信息技术是管理、开发和利用信息资源的有关方法、手段与操作程序的总称。

⑥信息技术是能够延长或扩展人的信息能力的手段和方法。

上述定义都试图从功能方面揭示信息技术的本质。从语法角度来看,“信息技术”作为专门术语,其概念的本质是“技术”而非“信息”。本书认为第2种定义比较全面,即信息技术是指在计算机和通信技术支持下用以获取、加工、存储、变换、显示和传输文字、数值、图像、视频、音频以及语音信息,并且包括提供设备和信息服务两大方面的方法与设备的总称。

2. 信息技术的分类

常见的信息技术分类包括以下几种。

(1) 按照信息技术是否可物化为实物形态分类

按照信息技术是否可物化为实物形态可将其划分为“硬”信息技术和“软”信息技术两大类。前者通常是指各种已经或即将转化为信息设备的信息技术,这类信息技术有时指各种具体的实物形态的产品,当然有时也指这类产品的功用,如望远镜、显微镜、复印机、电话机、电子计算机和通信卫星等;后者指那些不具有明显物质承担者,但又是人类在长期从事信息活动过程中积累而形成的有关信息采集和处理的经验、知识、方法与技能,如语言、文字、舆论调查技术、信息浓缩技术、信息组织技术、统计技术、预测技术、决策技术和信息标准化技术等。

(2) 按照专业信息工作的基本环节或流程分类

按照专业信息工作的基本环节或流程可将信息技术划分为信息采集技术、信息传递技术、信息存储技术、信息检索技术、信息加工技术和信息标准化技术。信息采集技术是把人们的感觉器官不能准确感知或不能感知的信息转化为人能感知的信息,如显微镜、望远镜、气象卫星、行星探测器、温度计、湿度计、气压计和钟表等;信息传递技术指跨越空间共享信息的技术,它又可分为单向传递与双向传递技术,单通道传递、多通道传递与广播传递技术;信息存储技术是指跨越时间保存信息的技术,如印刷术、照相术、录音术、录像术、磁盘技术、光盘技术和缩微技术等;信息检索技术是准确、快速地从信息库中找出所需信息的技术,又称检索策略、技巧或方法,主要包括手工检索技术、机械检索技术和电子计算机检索技术三大类;信息加工技术是对信息进行分类、排序、转换、浓缩和扩充等的技术,传统的信息加工主要是通过人脑进行,随后相继出现了手工设备(如算盘)、机械设备(如机械计算机)和现代化的电子计算机,现在电子计算机已成为信息加工的重要工具;信息标准化技术是使信息采集、传递、存储、检索和加工等环节能有效衔接的技术,如语言文字的规范化、文献工作标准、字符编码和检索语言等。

(3) 按照使用的信息设备的种类或用途分类

按照人们日常所使用的信息设备种类或用途可将信息技术划分为电话技术、电报技术、电视技术、广播技术、缩微技术、复制技术、卫星技术和电子计算机技术等。这种分类通俗易懂,但由于分类的对象只限于“硬”信息技术,因而难免有以偏盖全之虞。现在有一种说法,认为“硬”信息技术包括“软”信息技术的内容,比如一些发达国家出售的计算机往往是连同软件一起出售的,因此无需考虑什么“软”信息技术了。这种说法不完全正确,因为许多“软”信息技术目前还不能转化为软件进入计算机中,而没有这些“软”信息技术,“硬”信息技术是无法发挥作用的。

(4) 按信息系统功能的角度的分类

从信息系统功能的角度可将信息技术划分为信息输入输出技术、信息描述技术、信息存储检索技术、信息处理技术和信息传播技术。

1.2 智能与智能技术

1.2.1 智能的概念

“智能”一词可以用作名词,也可以用作形容词。如果用作名词,它是指人类所能进行的脑力劳动,包括感觉、认知、记忆、学习、联想、计算、推理、判断、决策、抽象、概括等等;如果用作形容词,它的意义是:人一样的、聪明的、灵活的、柔性的、自学习的、自组织的、自适应的、自治的。智能理论的研究也分为两个方面,一方面是对智能的产生、形成和工作机制的直接研究;另一方面是研究如何用人工的方法模拟、延伸和扩展智能。前者称为自然智能理论,主要是生理学和心理学研究者所从事的工作;而后者称为人工智能理论,主要是理工学研究者所从事的工作。在前者的领域中,“智能”多取名词的用法,因为研究的是“脑力劳动”本身的机制;在后者的领域中,“智能”多取形容词的用法,因为人们主要考察人工智能的功能与自然智能的功能之间的像不像、高不高、强不强?按道理讲,人工智能理论应以自然智能理论为基础。如果搞清了各种自然智能的工作机制及其各个功能部件的结构关系,那么就可以通过已经高度发达的电子的、光学的和生物的器件构筑类似的结构对其进行模拟、延伸和扩展,从而实现人工智能。但遗憾的是,由于人类的头脑结构高度复杂,也由于实验这一现代科学的锐利武器在研究人脑机制和结构时不能随意使用,直到今天,自然智能理论并没有搞清一些基本智能活动的机制和结构,总体进展十分有限。因而人工智能理论的主流已经从结构模拟的道路走向了功能实现的道路。所谓功能实现就是将自然智能的结构看作黑箱,只要从输入输出关系上看实现了所要模拟的功能即可。功能实现的道路使人工智能理论摆脱了自然智能理论进展缓慢的束缚,已经形成了较为系统的理论。这里所讲的是广义的人工智能理论,它既包含基于符号推理的经典人工智能,也包含基于结构演化的计算智能,还包含模式识别等其他智能理论。

1.2.2 经典人工智能

经典人工智能的研究始于1956年,主要目标是应用符号逻辑的方法模拟人的问题求解、推理、学习等方面的能力。

问题求解是经典人工智能的核心问题,当机器有了对某些问题的求解能力以后,在应用场合遇到类似问题时,便会自动找出正确的解决策略。这种问题求解能力是基于规则的,是能够举一反三的。有了问题求解能力的机器就能比普通机器更灵巧地分析问题和处理问题,从而适用于更加复杂多变的应用场合。

推理是人的思维的一个重要方面,推理的主要形式是归纳推理、演绎推理和模糊推理。经典人工智能中推理的研究就是要模拟这三种推理形式,实现诸如故障诊断、数学定理证明、模糊问题判断等功能。

在经典人工智能中,“学习”一词有多种含义。在专家系统等应用中,它指的是知识的自动积累;在问题求解中,它指的是根据执行情况修改计划;在数学推理系统中,它指的是根据一些简单的数学概念和公理形成较复杂的概念,做出数学猜想等等。

1.2.3 计算智能

经典人工智能是基于知识的,而知识通过符号进行表示和运用,被具体化为规则。但是,知识并不都能用符号表示为规则,智能也不都是基于知识的。人们相信,自然智能的物质机构——神经网络智能是基于结构演化的。20世纪80年代人工神经网络理论出现新的突破,基于结构演化的人工智能理论——计算智能理论迅速成为人工智能研究的主流。

计算智能是以生物进化的观点认识和模拟智能。按照这一观点,智能是在生物的遗传、变异、生长以及外部环境的自然选择中产生的。在优胜劣汰的过程中,适应度高的头脑结构被保存下来,智能水平也随之提高。因此说计算智能就是基于结构演化的智能。

计算智能的主要方法有人工神经网络、遗传算法、局部搜索、模拟退火等。这些方法具有以下共同的要素:自适应的结构、随机产生的或指定的初始状态、适应度的评测函数、修改结构的操作、系统状态存储器、终止计算的条件、指示结果的方法、控制过程的参数。计算智能的这些方法具有自学习、自组织、自适应的特征和简单、通用、适于并行处理的优点。在并行搜索、联想记忆、模式识别、知识自动获取等方面得到了广泛的应用。

1.2.4 其他智能理论

当前,数据挖掘和知识发现是人工智能领域中的研究热点。所谓数据挖掘和知识发现是以数据仓库为基础,通过综合运用统计学、模糊数学、神经网络、机器学习和专家系统等方法,从大量的数据中提炼出抽象的知识,揭示出蕴含在数据背后的客观世界的内在联系和本质规律,实现知识的自动获取。这一研究,将经典人工智能方法和计算智能方法进行了结合。

认知是自然智能的基础,也是人工智能所要研究的重要内容。人工智能中的模式识别理论便是研究机器认知的理论。模式这一术语是对被认知事物的概括,它既包括具体事物,如文字、声音、图像、人物;也包括抽象的事物,如机器的运行状态、国民经济状况等。模式识别的方法有模式匹配法、统计法和结构法等。模式识别理论有很大的应用价值,文字识别、语音识别、图像识别等技术既是智能机器人的关键技术,也是人们用自然的方式操作器的关键技术。

经典人工智能采用符号作为逻辑推理的基本单元,在专家系统、定理证明等领域中取得很大成功。但是,符号难以表达非精确的相似关系,不利于描述“类似原因产生类似结果”这种自然界中的普遍规律,因而也不便于运用内插和外推的类比运算。特别是由于符号与现实世界的关系需要外在的人为定义,难以在按举一反三方式下建立的拟人学习智能系统中发挥作用。人工神经网络以神经元作为基本知识处理单元,用神经元间的连接权值大小来表达知识。这样,虽然能够避免上述符号方法的缺陷,有利于从数据中进行学习而获得知识,但是用连接权值大小来表达知识因层次过低以致连接权值矩阵就像一个黑箱一样看不出何为知识成分。为此,有人建议选择连接权值与符号之间的特征作为知识表现的基元,其优点是具有高度的灵活性,向上可以发展到符号,向下可以关系到连接权值。用特征集来表现概念,在柔性方面比符号好,在直观性方面比连接权值强。特征集中特征的增减就可以渐近地扩大或压缩概念的范围,实现概念的泛化与特化。在这个构思知识工程基本操作单元的领域内,粗集理论、经典集合理论和模糊集合理论以及组合数学、数论等,都将大有用武之地。

1.3 人工智能的研究内容与应用领域

在过去 50 多年发展历程中,人工智能的技术特征基本形成,理论体系也在逐步形成,应用系统不断产生,应用范围不断扩大,人工智能学科已分化出许多研究领域,下面就简单地介绍它的一些基本的应用领域。

1.3.1 问题求解

人工智能最早的尝试是困难的下棋程序。在下棋程序中应用的某些技术,如向前看几步,并把困难的问题分成一些比较容易的子问题,已发展成为空间搜索和问题归约这样的人工智能基本技术。另一种问题求解程序是将各种数学公式、符号汇编在一起,搜索解答空间,寻求

较优的解答。

1.3.2 自然语言理解和处理

语言处理一直是人工智能研究的热门课程之一,人们很早就开始研制语言翻译系统。早期的自然语言理解多采用键盘输入自然语言,现在已经开发出文字识别和语言识别系统,能够进行书面语言和有声语言的识别与理解。语言识别为语言理解提供了素材,语言理解反过来提高语言识别率。因此,自然语言理解可以看成是模式识别研究的自然延伸。自然语言处理发展到今天,已呈现出与人工智能、机器学习、知识工程、数据库技术、神经网络、认知科学、语言学、脑科学、思维科学彼此依赖和相互支持的格局,而且以语义理解为特征的自然语言处理和机器翻译已取得突出进展。现在已有智能翻译系统,人们可对它说话,它能将对话打印出来,并且可用另一种语言表示出来,有的系统还可以回答文本信息中的有关问题和提取摘要。

1.3.3 自动定理证明

自动定理证明是指把人类证明定理的过程变成能在计算机上自动实现符号演算的过程。自动定理证明是人工智能的一个重要的研究领域,它在人工智能的发展中曾起过重大的作用。定理自动证明的基础是逻辑系统,传统的定理证明系统大都是建立在数理逻辑系统上的,但目前已出现采用模态逻辑、模糊逻辑、时序逻辑、默认逻辑、次协调逻辑等规则和方法。

1.3.4 自动程序设计

也许程序设计并不是人类知识的一个十分重要的方面,但是它本身却是人工智能的一个重要研究领域。这个领域的工作叫做自动程序设计,目前已经能够以各种不同的目的描述来编写计算机程序。对自动程序设计的研究不仅可以促进半自动软件开发系统的发展,而且也使通过修正自身代码进行学习的人工智能系统得到发展。自动编制一份程序来获得某种指定结果的任务与证明一份给定程序将获得某种指定结果的任务是紧密相关的。目前,许多自动程序设计系统能够产生一份额外的程序验证报告。

1.3.5 专家系统

专家系统是一个具有大量专门知识与经验的程序系统,它应用人工智能技术,根据某个领域的多个人类专家提供的知识和经验进行推理和判断,模拟人类专家的决策过程,以解决需要专家才能够解决的复杂问题。

专家系统是在某个领域的专家与系统设计者之间经过艰苦的反复交换意见之后建立起来的。在已经建立的专家咨询系统中,有能够诊断疾病的(包括中医诊断智能机),有估计潜在石油储量的,有研究复杂有机化合物结构的,等等。当前的研究涉及有关专家系统设计的各种问题。发展专家系统的关键是表达和运用专家知识,即来自人类专家的已被证明对解决有关领域内的典型问题是有用的事实和过程。专家系统和一般的计算机程序最本质的不同之处在于专家系统所要解决的问题一般没有算法解,并且经常要在不完全、不精确或不确定的信息基础上给出结论。

1.3.6 人工神经网络

由于冯·诺依曼体系结构的局限性,数字计算机存在一些尚无法解决的问题。人们一直在寻找新的信息处理机制,神经网络计算就是其中之一。研究结果已经证明,用神经网络处理直觉和形象思维信息具有比传统处理方式好得多的效果。神经网络的发展有着非常广阔的学科背景。神经生理学家、心理学家与计算机科学家的共同研究得出的结论是:人脑是一个功能特别强大、结构异常复杂的信息处理系统,其基础是神经元及其互联关系。因此,对人脑神经

元和人工神经网络的研究,可能创造出新一代人工智能机——神经计算机。对神经网络的研究曾经历了一条十分曲折的道路。20世纪80年代初以来,对神经网络的研究再次出现高潮。霍普菲尔德提出用硬件实现神经网络和鲁梅尔哈特等提出多层网络中的反向传播(BP)算法就是两个重要标志。

1.3.7 智能机器人

人工智能研究日益受到重视的另一个分支是智能机器人的研究。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。机器人是一种可再编程的多功能的操作装置。电子计算机出现后,特别是微处理机出现后,机器人便进入大量生产和使用的阶段。目前全世界有几十万个机器人在运行,其中大多数样子并不像人,它们只是在人指挥下代替人干活的机器。目前的机器人,在功能上可将其分为以下四种类型:

①遥控机器人,它本身没有工作程序,不能独立完成任何工作,只能由人对其实时控制和操作;

②程序机器人,它对外界环境无感知智力,其行为由事先编好的程序控制,只能做重复工作;

③示范学习型机器人,它能记忆人的全部示范操作,并在其独立工作中准确地再现这些操作,但在改变操作时仍需要人的重新示范;

④智能机器人,它应具有感知、推理、规划能力和一般会话能力,能够主动适应外界环境和通过学习来提高自己的独立工作能力。

以上前三类机器人通常称为非智能机器人,主要用于工业生产,故又称为工业机器人,它们具有准确、迅速、不知疲倦和精力集中等优点,但它们没有多少智能,缺少理解、感知周围环境能力,只适于在需要大量繁琐、重复性劳动的生产岗位中使用。

1.3.8 模式识别

模式识别是人工智能最早和最重要的研究领域之一。模式原指完美无缺的、供模仿的一些标本。模式识别就是指识别出给定物体所模仿的标本。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感知模式,是对人类感知外界功能的模拟,研究的是计算机模式识别系统,也就是使一个计算机系统具有模拟人类通过感官接受外界信息、识别和理解周围环境的感知能力。模式识别是一个不断发展的新学科,它的理论基础和研究范围也在不断发展。目前,在模式识别领域,神经网络方法已经成功地用于手写字符的识别、汽车牌照的识别、指纹识别、语音识别等方面。

1.3.9 机器视觉

机器视觉或计算机视觉已从模式识别的一个研究领域发展为一门独立的学科。在视觉方面,已经给计算机系统装上电视输入装置以便能够“看见”周围的东西。视觉是一种感知问题,在人工智能中研究的感知过程通常包含一组操作。例如,可见的景物由传感器编码,并被表示为一个灰度数值的矩阵。这些灰度数值由检测器加以处理。检测器搜索主要图像的成分,如线段、简单曲线和角度等。对这些成分再次被处理,以便根据景物的表面和形状来推断有关景物的三维特性信息。譬如带有视觉的月球自主车和带有视觉的越野自主车。

机器视觉的前沿研究领域包括实时并行处理、主动式定性视觉、动态和时变视觉、三维景物的建模与识别、实时图像压缩传输和复原、多光谱和彩色图像的处理与解释等。

1.3.10 智能控制

智能控制是一类无需或者尽可能少的人工干预就能够独立地驱动智能机器实现其目标的自动控制。它把人工智能理论及技术与经典控制理论、现代控制理论相结合,研制智能控制系统的方法和技术,是人工智能与控制论以及工程控制论等科学相结合的产物。

智能控制的核心在高层控制,即组织级控制。其任务在于对实际环境或过程进行组织,即决策和规划,以实现广义问题求解。已经提出的用以构造智能控制系统的理论和技术有分级递阶控制理论、分级控制器设计的嫡方法、智能逐级增高而精度逐级降低原理、专家控制系统、学习控制系统和基于神经网络的控制系统等。智能控制有很多研究领域,它们的研究课题既具有独立性,又相互关联。

1.3.11 智能调度和规划

确定最佳调度或组合的问题是人们感兴趣的又一类问题。一个经典的问题就是推销员旅行问题。这个问题要求为推销员寻找一条最短的旅行路线。他从某个城市出发,访问每个城市一次,且只许一次,然后回到出发的城市。大多数这类问题能够从可能的组合或序列中选取一个答案,不过组合或序列的范围很大。试图求解这类问题的程序产生了一种组合爆炸的可能性。这时,即使是大型计算机的容量也会被用光。在这些问题中有几个(包括推销员旅行问题)是属于计算理论家称为 NP 完全性一类的问题。它们根据理论上的最佳方法计算出所耗时间(或所走步数)的最坏情况来排列不同问题的难度。

智能组合调度与指挥方法已被应用于汽车运输调度、列车的编组与指挥、空中交通管制以及军事指挥等系统。

1.3.12 智能检索

面对国内外种类繁多和数量巨大的科技文献,传统的检索方法远远不能胜任,特别是网络技术和 Internet 的出现,更是对传统的检索方法提出了挑战,因此智能检索的研究已成为当代科技持续发展的重要保证。目前对数据库的检索技术有了很大的发展,有的具有智能化人机交互界面和演绎回答系统;还有一种称为自动个人助手的系统,能够主动帮助人找信息、购买商品、找服务部门、找人等。

1.3.13 智能多媒体

多媒体技术是当前计算机最为热门的研究领域之一。多媒体计算机系统就是能综合处理文字、图形、图像和声音等多种媒体信息的计算机系统。智能多媒体就是将人工智能技术引入多媒体系统,使其功能和性能得到进一步发展和提高。事实上,多媒体技术与人工智能所研究的机器感知、机器理解等技术也不谋而合。所以,智能多媒体实际上是人工智能与多媒体技术的有机结合。人工智能把计算机具有视觉、听觉、语音识别与理解、语音对译、信息智能压缩等技术运用于多媒体系统,使多媒体系统产生质的飞跃。

1.3.14 智能软件 Agent

智能软件 Agent 技术的诞生和发展是人工智能技术和网络技术发展的必然结果。传统的人工智能技术致力于对知识表达、推理、机器学习等技术的研究,其主要成果是专家系统。专家系统把专业领域知识与推理有机地组合在一起,为应用程序的智能化提供了一个实用的解决办法。作为人工智能的一个分支,人工智能计划理论的研究成果使应用程序有了初步的面向目标的特征,即应用程序具有了某种意义上的主动性;人工智能的另一个分支——决策理论和方法则使应用程序具有了自主判断和选择行为的能力。所有这些技术的发展加快了应用程

序智能化的进程。智能化和网络化的发展促成了智能软件 Agent 技术的发展,智能软件 Agent 技术正是为解决复杂、动态、分布式智能问题而提供的一种新的计算手段,许多专家信心十足地认为智能软件 Agent 技术将成为 21 世纪软件技术的又一次革命。

1.3.15 数据挖掘和知识发现

近些年来,商务贸易电子化、企业和政府事务电子化的迅速普及都产生了大规模的数据源,同时日益增长的科学计算和大规模的工业生产过程也提供了海量数据。日益成熟的数据库系统和数据库管理系统都为这些海量数据的存储和管理提供了技术保证。此外,计算机网络技术的长足进步和规模的爆炸性增长,为数据的传输和远程交互提供了技术手段,特别是国际互联网更是将全球的信息源纳入了一个共同的数据库系统之中。这些都表明人们生成、采集、传输数据的能力都有了巨大增长,为人类步入信息时代奠定了基础。

在这些能力迅速提高的同时,人们看到数据库中的信息提取及其相关处理技术这一重要环节却相对地大大落后了。毫无疑问,这些庞大的数据库是极其丰富的信息源,但是仅仅依靠传统的数据检索机制和统计分析方法已经远远不能满足需要了。因此,一门新兴的数据挖掘和知识发现技术应运而生并得到迅速发展。它的出现为智能地自动把海量的数据转化成有用的信息和知识提供了手段。

数据挖掘和知识发现作为一个新兴的研究领域,涉及人工智能的许多分支,诸如机器学习、模式识别、海量信息搜索等。特别地,它可看做数据库理论和机器学习的交叉学科。

1.3.16 人工生命

人工生命是用来研究具有某些生命基本特征的人工系统。它包括两方面的内容:研究如何利用计算技术研究生物现象;研究如何利用生物现象研究计算问题。人工智能注重研究第二个方面的问题。现在已经有很多源于生物现象的计算技巧。例如:人工神经网络,它是简化的大脑模型;遗传算法模拟基因进化过程,提高计算和优化效率。还有模拟群集智能,如模拟蚂蚁群、鱼群和鸟群的运动现象及规律,它研究由简单个体组成的群落与环境以及个体之间的互动行为,建立相应的模拟系统,利用局部信息产生不可预测的群体行为。

本书并不从人工智能的各个方面作全面的介绍,而是着重介绍计算智能中的人工神经网络、模糊逻辑技术和进化计算,以及问题求解中的搜索技术和数据挖掘中的 Apriori 算法、粗糙集理论、聚类分析方法,目的是帮助工科学生掌握一些智能技术方面的基础知识,使他们在管理、开发和利用信息资源方面有一个较宽广的眼界。

第2章 搜索技术

在求解人工智能问题过程中,人们面临的大多数问题往往是没有确定性的算法,通常需要用搜索算法来解决。本章将讨论状态空间搜索和博弈搜索的基本思想,着重分析宽度优先搜索、深度优先搜索、有序搜索算法及它们之间的内在联系。

2.1 状态空间搜索法

2.1.1 基本概念

(1) 状态

状态是描述问题求解过程中任一时刻状况的数据结构,一般用一组变量的有序组合来表示,其矢量形式为

$$S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$$

其中 $s_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 是状态的分量。给定每个分量的值,就能得到一个具体的状态:

$$S_k = (s_{1k}, s_{2k}, \dots, s_{nk})$$

(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或算子。

(3) 状态空间

状态空间是一个表示问题的全部可能的状态及其相互关系的有向图。它的节点表示状态,它的弧表示从一个状态转变到另一个状态的操作。

(4) 状态空间法

用状态描述问题求解过程中不同时刻的状况,用算符使问题由一种状态变换为另一种状态,由初始状态到目标状态所用算符的序列就是问题的一个解。

因此,状态空间法可表达为 (S_0, F, S_g) 三元组形式。其中, S_0 为问题的初始状态的集合, F 为算符的集合, S_g 为目标状态的集合。

在实际问题中,“状态”和“算符”的选取是十分重要的。如果选取恰当,问题的求解变得非常简单。

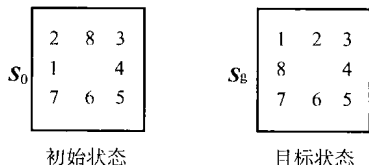


图 2-1 九宫问题

九宫问题:在 3×3 的方格棋盘上,每个方格上只能放置标有数字 1、2、3、4、5、6、7、8 中的任意一张牌或者空,并且这些牌或者空只能在一个方格上出现,只允许把位于空格左、右、上、下边的牌移入空格。

图 2-1 给出了九宫问题的初始状态 S_0 和目标状态 S_g ,现在的问题是如何表示状态? 如何表示一序列的移动

操作?

对于九宫问题的状态,可以用一个 3×3 的矩阵 S 表示,即

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} \end{bmatrix}$$

这样,初始状态 S_0 和目标状态 S_g 为

$$S_0 = \begin{bmatrix} 2 & 8 & 3 \\ 1 & 0 & 4 \\ 7 & 6 & 5 \end{bmatrix}, S_g = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 8 & 0 & 4 \\ 7 & 6 & 5 \end{bmatrix}$$

使用的算符有:空格左移、空格右移、空格上移、空格下移。一次移动后的可能状态有许多种,如图 2-2 所示。

由于在状态表达时用 0 表示空格,在这里相当于 0 和相邻元素进行交换。设 $s_{ij} = 0$, 当 $j \neq 1$ 时,空格左移合法;当 $j \neq 3$ 时,空格右移合法;当 $i \neq 1$ 时,空格上移合法;当 $i \neq 3$ 时,空格下移合法。在合法情况下,左移意味着 $s_{ij} = s_{i(j-1)}$ 和 $s_{i(j-1)} = 0$;右移意味着 $s_{ij} = s_{i(j+1)}$ 和 $s_{i(j+1)} = 0$;上移意味着 $s_{ij} = s_{(i-1)j}$ 和 $s_{(i-1)j} = 0$;下移意味着 $s_{ij} = s_{(i+1)j}$ 和 $s_{(i+1)j} = 0$ 。

2.1.2 搜索的基本思路

状态空间法的搜索思想是:把问题的初始状态作为当前状态,选择适用的算符对其进行操作,生成一组子状态。然后,检查目标状态是否在其中,若出现,则搜索成功,找到了问题的解;若不出现,则按某种搜索策略从已生成的状态中再选出一个状态作为当前状态。重复上述过程,直到目标状态出现或者不再有可供操作的状态时为止。

在实际搜索过程中,要建立两个数据结构表:Open 表和 Closed 表。Open 表用于存放刚生成的节点,Closed 表用于存放将要扩展或已扩展的节点。所谓对一个节点的扩展,是指用合适的算符对该节点进行操作,生成一组子节点。一个节点经一个算符操作后,一般只生成一个子节点,但对一个节点可适用的算符可能有许多个,故此时会生成一组子节点。需要注意的是,在这些子节点中,可能有些是当前扩展节点的父节点、叔父节点、祖父节点等。在这里,不能把这些先辈节点作为当前扩展节点的子节点。

对于不同的策略,节点在 Open 表中的排列顺序是不同的。例如宽度优先搜索,是将扩展节点的子节点放入到 Open 表的尾部,而深度优先搜索,则把扩展节点的子节点放入到 Open 表的首部。

搜索的一般过程如下。

- ①把初始节点 S_0 放入 Open 表,建立一个只含有起始节点的搜索图。
- ②检查 Open 表是否为空,若空,则问题无解,退出。
- ③把 Open 表的第一个节点取出,放入到 Closed 表中,并把该节点记为节点 n 。
- ④考察节点 n 是否为目标节点,若是,则求得了问题的解,退出。
- ⑤对节点 n 进行扩展,生成一组子节点,把既不在 Open 表中也不在 Closed 表中的子节点添加到 Open 表中。在这些子节点之间,它们互称为兄弟节点;节点 n 称为它们的父节点。
- ⑥按某种搜索策略对 Open 表中的节点进行排序。

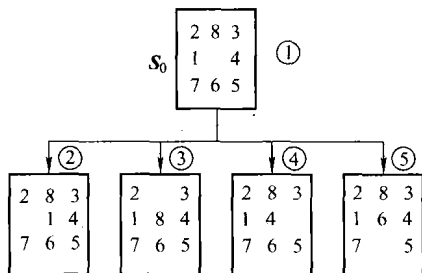


图 2-2 九宫问题的第一次移动