

# 人工智能技术及应用

陆伟民 编著

同济大学出版社

## 内 容 提 要

本书共分八章,内容包括:人工智能的定义、基本假设和基本技术;常用的知识表示方法;逆向和正向推理过程;数据结构和电子数据表;模糊集理论的基础知识;专家系统的基本原理和建立步骤;人工神经网络的概念、类型和算法;面向对象编程的概念、方法和使用。本书可作为工科院校非计算机专业研究生和高年级本科生的选修课教材,也是其他对人工智能技术和面向对象编程感兴趣的科技工程人员的入门参考书。

责任编辑 郁 峰

封面设计 陈益平

## 人工智能技术及应用

陆伟民 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号 邮编 200092)

新华书店上海发行所发行

上海青年报社印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:11.75 字数:290千字

1998年4月第1版 1998年4月第1次印刷

印数 1—2000 定价:10.80元

ISBN7-5608-1895-1/TP·205

## 序

我国经济持续稳定的快速发展极大地激发了社会对计算机应用的需求。当前世界范围的信息化热潮更促进了这种需求,个人计算机正以空前的普及速度进入家庭,与此同时也进入了大学宿舍,工科大学生更是迫切要求提高使用计算机解决实际问题的能力。基于这样的形势,本书在土木工程研究生选修课程的教材基础上加以改编,希望能为更多的计算机用户在提高自己机器功效方面提供更高层次的支持。

诚然,我们应看到人工智能作为控制论、信息论、系统论、计算机科学、神经生理学、心理学、数学、哲学等各种学科相互渗透的产物,涉及到人类一切活动领域,其内容深奥,牵涉面也极为广泛,工科大学非计算机专业或自动控制专业学生在学习人工智能课程时应具有其自身的特色与要求。本书在内容取舍上尽可能地迎合这种要求,将侧重点放在工程的应用方法上,譬如,对推理演绎,尽量避免繁琐的逻辑符号、定义和公式证明,而是联系实例从原理上说明,着重弄清基本概念和掌握运用人工智能的技术。

人工智能的发展非常迅速,不仅体现在理论上有许多突破,更重要的是反映了在应用中所获得的活力。专家系统作为其最活跃的一个分支,就是最好的说明。对于非计算机专业来说,相对于课程的理论性内容来说,课程的实践性内容处于更重要的位置。通常,人工智能的内容包括知识表示与采集、推理控制、自然语言处理、专家系统、模式识别、视觉、机器人等。为结合工程学科的特点与要求,本书内容从下面三个方面来展开:

### 1. 基础知识方面

第一章讲述了人工智能的定义、基本假设和基本技术,并简单介绍了计算机辅助工程问题;第二章阐述几种常用的知识表示方法;第三章阐明逆向和正向的推理过程;第四章的前半部分介绍了数据结构和电子数据表;第五章阐述模糊集理论的基础知识,为专家系统模糊推理准备条件;第六章的前半部分讨论了专家系统的基本原理和建立步骤。

### 2. 专题方面

第七章介绍人工神经网络概念、类型和算法,着重分析 BP 模型和 Hopfield 模型。第八章的主要内容是以典型的面向对象环境 Smalltalk/V 为背景,阐明当今风靡的面向对象编程的概念、方法和使用,在附录 A 中,进一步讨论了基于面向对象的几何图形表示方法,为计算机绘图打下必要的基础。

### 3. 工程应用方面

第五章的后半部分阐明电子数据表 Excel 对工程上典型平板弯曲问题的求解;第六章在学习专家系统基本原理后,联系开发工具 INSIGHT 2+ 的应用,分析建筑结构震害评估专家系统的建立过程与方法以及模糊推理的面向对象实现方法。第八章还安排了利用面向对象编程处理同一专家系统的内容,以明确其优越性所在和具体实施的过程;对于神经网络在工程上的应用,书中联系两个实际课题在第七章的后半部分加以阐述,并在第八章最后提出了面向对象神经网络模型的构思框架,作为对所学内容作全面总结的一个实践作业。

全书讨论的中心内容(包括专家系统、神经网络、面向对象、电子数据表等)均有相应的

实用微机软件支持,读者如将本书内容学习和上机实习相互结合起来,一定能收到提高应用计算机解决实际工程技术问题能力的效果。

本书可作为工科大学非计算机专业研究生或高年级本科生的选修课教材,也是其他对人工智能技术和面向对象编程感兴趣的科技工程人员的入门参考书。

本书承蒙萧蕴诗教授在百忙中仔细审阅全稿并提出许多宝贵意见,在此表示深切谢意。由于人工智能这门学科涉及内容非常广泛,它的发展更是日新月异,作为一部系统的教材,无论在广度和深度上,都存在很大的不足,况且有些是笔者研究课题的内容,尚属探索,不够成熟,目的是为有助于联系实际和引导思路。笔者诚挚地期待着对本书提出的一切批评和意见。

**编著者**  
**1998 年春**

# 目 录

第一章 绪论 .....	(1)
1.1 人工智能的基本概念 .....	(1)
1.1.1 人工智能的定义 .....	(1)
1.1.2 基本假设 .....	(2)
1.1.3 人工智能技术 .....	(2)
1.2 计算机辅助工程 .....	(3)
1.2.1 CAD .....	(3)
1.2.2 集成的概念 .....	(4)
1.2.3 决策支持系统(Decision Support System,简称 DSS).....	(5)
1.3 人工智能与专家系统 .....	(6)
1.4 关于思维的研究 .....	(6)
第二章 知识表示与利用 .....	(9)
2.1 知识的主要表示方法 .....	(10)
2.1.1 基于规则的方法 .....	(10)
2.1.2 框架(frame).....	(15)
2.1.3 面向对象的知识表示 .....	(16)
2.2 知识的利用 .....	(17)
2.2.1 以知识推理 .....	(17)
2.2.2 正向链与逆向链 .....	(19)
2.2.3 问题求解搜索 .....	(20)
2.3 逻辑 .....	(20)
2.3.1 形式逻辑 .....	(20)
2.3.2 逻辑句子的成分 .....	(21)
2.3.3 谓词逻辑中的事实和规则 .....	(22)
2.4 不确定性知识 .....	(28)
2.4.1 非精确性(Inexactness) .....	(29)
2.4.2 概率 .....	(29)
2.4.3 模糊逻辑 .....	(30)
2.4.4 确定性系数 .....	(32)
第三章 推理过程 .....	(34)
3.1 推理的一个直观比拟 .....	(34)
3.2 逆向链推理 .....	(37)

3.2.1 逆向链算法 .....	(37)
3.2.2 回溯与终止 .....	(38)
3.2.3 反置回溯 .....	(38)
3.3 正向链推理 .....	(39)
3.3.1 推理原理 .....	(39)
3.3.2 冲突解决 .....	(40)
3.3.3 证明正向规则 .....	(41)
3.3.4 正向链算法 .....	(41)
3.4 贝叶斯推理 .....	(42)
3.5 非精确推理 .....	(44)
3.6 半精确推理 .....	(46)
3.7 人工智能中推理的发展 .....	(48)
3.7.1 演绎推理 .....	(48)
3.7.2 非演绎推理 .....	(48)
3.7.3 定性推理 .....	(49)
第四章 数据结构和电子数据表 .....	(52)
4.1 基本概念 .....	(52)
4.1.1 信息的三个领域 .....	(52)
4.1.2 数据的逻辑描述和物理描述 .....	(54)
4.1.3 实体间的关系 .....	(54)
4.2 数据的逻辑结构 .....	(54)
4.2.1 层次模型 .....	(55)
4.2.2 网络模型 .....	(55)
4.2.3 关系模型 .....	(56)
4.2.4 面向对象的数据模型 .....	(57)
4.3 电子数据表 .....	(58)
4.3.1 什么是电子数据表? .....	(59)
4.3.2 Excel 的功能 .....	(59)
4.3.3 Excel 的基本操作 .....	(61)
4.3.4 Excel 中的数据库 .....	(62)
4.4 用电子数据表解板的弯曲问题 .....	(63)
4.4.1 求解策略 .....	(63)
4.4.2 有限差分运算模型 .....	(63)
4.4.3 三角形分布荷载作用下板弯曲问题的求解 .....	(66)
第五章 模糊集理论基础 .....	(69)
5.1 隶属度的概念 .....	(69)
5.2 集合论基本知识 .....	(70)

5.2.1	经典集合论	(70)
5.2.2	模糊集合论	(71)
5.2.3	模糊集运算	(72)
5.3	分解定理和扩展原理	(73)
5.3.1	分解定理	(73)
5.3.2	扩展原理	(73)
5.4	模糊关系及其分类	(74)
5.5	确定隶属函数的方法	(76)
5.6	模糊推理	(78)
第六章	专家系统的基本原理与应用	(80)
6.1	专家系统的定义和类型	(80)
6.1.1	专家系统的定义	(80)
6.1.2	专家系统的类型	(81)
6.2	专家系统的结构与工作原理	(81)
6.3	专家系统与传统程序的差别	(83)
6.4	建立专家系统	(83)
6.4.1	适于专家系统求解的问题	(83)
6.4.2	建立专家系统的步骤	(84)
6.5	专家系统开发工具 INSIGHT 2+	(85)
6.5.1	INSIGHT 2+ 的结构和菜单	(85)
6.5.2	产生式规则语言 PRL 概要	(86)
6.5.3	一个简单知识库的演示	(89)
6.6	房屋震害评估专家系统的建立	(91)
6.6.1	信息的获取	(91)
6.6.2	知识库的构造	(91)
6.6.3	系统的调试与检验	(93)
6.7	专家系统模糊推理的实现	(95)
6.7.1	知识模糊性的表示	(95)
6.7.2	模糊评判的面向对象程序设计	(97)
6.7.3	模糊推理的执行	(98)
第七章	人工神经网络	(100)
7.1	关于人工神经网络的几个问题	(100)
7.1.1	什么是神经网络?	(100)
7.1.2	神经元计算与人工智能传统计算有什么不同?	(102)
7.1.3	人工神经网络用在什么地方?	(102)
7.2	人工神经网络的类型	(103)
7.2.1	神经元变换函数的类型	(103)

7.2.2	神经网络的结构	(104)
7.2.3	按学习算法分类	(105)
7.3	神经网络的开发过程	(105)
7.4	反向传播(BP)神经网络模型	(106)
7.4.1	反向传播(BP)模型	(107)
7.4.2	反向传播局部误差	(107)
7.4.3	总误差函数	(108)
7.4.4	标准的 BP 算法	(108)
7.4.5	BP 算法的改进	(110)
7.5	联想记忆(Hopfield)神经网络模型	(111)
7.5.1	联想记忆的基本原理	(111)
7.5.2	Hopfield 网络的结构和运行方式	(113)
7.5.3	网络的能量函数	(113)
7.5.4	网络基本学习规则和联想特性	(114)
7.6	神经网络专家系统	(115)
7.6.1	神经网络与专家系统的比较	(115)
7.6.2	神经网络专家系统的模型	(117)
7.6.3	神经网络专家系统的结构	(117)
7.6.4	神经网络专家系统的知识表示和获取	(119)
7.7	神经网络在土木工程中的应用	(119)
7.7.1	用神经网络诊断结构的地震损坏	(119)
7.7.2	用神经网络预测城市地震火灾损失	(122)
<b>第八章 面向对象编程语言 Smalltalk</b>		<b>(124)</b>
8.1	面向对象的概念	(124)
8.1.1	两个 O 的含意	(124)
8.1.2	O-O 的设计思想	(125)
8.2	对象与类	(126)
8.2.1	对象	(126)
8.2.2	类	(127)
8.3	消息和方法	(130)
8.4	Smalltalk/V 软件入门	(131)
8.4.1	系统的使用	(131)
8.4.2	系统与外部的交互	(132)
8.4.3	Smalltalk/V 的主要语言要素	(133)
8.4.4	创建窗口	(137)
8.5	Smalltalk/V 的数值方法	(139)
8.5.1	矩阵类 Matrix	(139)
8.5.2	类 Matrix 的应用	(147)

8.6 基于面向对象专家系统的构造 .....	(148)
8.6.1 基本考虑 .....	(148)
8.6.2 层次式模块化结构 .....	(148)
8.6.3 推理控制机制 .....	(151)
8.7 面向对象神经网络 .....	(152)
8.7.1 程序设计思想 .....	(152)
8.7.2 神经网络类的定义和相应的方法 .....	(153)
附录 A 几何图形的面向对象表示 .....	(156)
A.1 点的表示 .....	(156)
A.1.1 平面点类 Point .....	(156)
A.1.2 空间点类 Point3D .....	(156)
A.2 图形变换技术 .....	(159)
A.2.1 实现平移、伸缩(比例)、旋转的方法 .....	(159)
A.2.2 空间线性变换 .....	(162)
A.3 中心投影 .....	(164)
A.4 基本几何图形 .....	(168)
A.4.1 直线的表示 .....	(168)
A.4.2 三维曲线 .....	(170)
A.4.3 三维曲面 .....	(172)
参考文献 .....	(174)

# 第一章 绪论

智能是智力与能力的总称。对于智能的研究,涉及人类的一切活动范畴。在 20 世纪的最后十年,技术革命的浪潮向一切科学领域和传统观念提出挑战,其实质是一场智力与能力的综合革命。中华民族在经历了 100 多年的摸索后,已从困境中脱颖而出,正抓住前所未有的机遇,科技兴国,奋发直追。作为工程课题,如何应用人工智能方法更新技术和提高效率,已是刻不容缓。本课程试图以此为线索,为工程问题中的设计、决策、模拟等主题注入新的内容,为投身于学科发展的探索者跨上新的台阶献上一块垫脚石。

## 1.1 人工智能的基本概念

人类思维活动的前提是感觉器官,同时也脱离不开社会实践条件。前者是思维的物质工具,后者是获得思维材料的途径和源泉。我们仅从人脑的思维形式和特点来讨论人工智能问题。

### 1.1.1 人工智能的定义

人工智能(Artificial Intelligence, 简称 AI)是相对于自然智能(即人脑智能)而言,《辞海》中对智能的解释是:“智能是指人认识客观事物,并运用知识解决实际问题的能力,集中表现在认识事物深刻、正确、完全程度上和应用知识解决实际问题的速度和质量上,往往通过观察、思考、判断等表现出来。”因此,可以说,智能是人脑活动所表现出来的能力。而思维能力是智能中最重要的能力。对智能模拟的核心也就是思维模拟。

人工智能研究的是怎样利用机器模仿人脑从事推理、规划、设计、思考、学习等思维活动,解决迄今认为需由专家才能处理好的复杂问题。通俗一点说,就是:由计算机来表示和执行人类的智能活动。其目标是利用各种自动机器或智能机器,模仿、延伸和扩展人的智能,实现某些“机器思维”或脑力活动自动化。显然,对于人工智能的这种定义,受到了当前电子计算技术水平的制约,因此,它是一种暂时的、相对的定义。

AI 是计算机研究和应用发展到一定阶段的产物,任何问题,用计算机程序进行计算分析,可以在很大程度上取代人的脑力劳动,它可加快解题运算速度和扩大记忆存储量,但这只能说是简单智能化。

一个高水平的智能程序,应该与人的思考、求解方式相仿。譬如,计算机辅助设计(CAD),能不断修改、补充、构造出所需的设计对象,它通过计算系统、数据库与显示装置,配合辅助程序,与人一起完成设计工作。

AI 研究的进展以及对大量社会知识的 AI 表达方法和处理技术的研制,在定理证明和问题求解方法上,已取得很大成果,促使新的领域不断被开发出来。典型的有感知(视觉、嗅觉、音)、自然语言理解以及诸如医疗诊断、化学分析、工程设计、艺术创作、军事决策这类特殊领域中的问题求解等。

### 1.1.2 基本假设

在研究特定的人工智能问题之前,须了解对智能所作的基本假设,即对物理符号系统的定义。

物理符号系统是由一组称为符号的实体组成,它们都是物理模型,可以在另一类符号结构的实体中作为成分出现。于是,组成一组符号结构的是一组按某种物理方法联系起来的符号实例。在任一时刻,系统都包含一组这样的符号结构。此外,系统还含有一组作用在符号结构上以生成其他符号结构的过程:建立过程、修改过程、复制过程以及删除过程。一个物理符号系统就是逐渐生成的一组符号生成器。该系统存在于比以上所述那些符号结构本身宽广得多的对象域里。

在上述物理符号系统定义基础上,有下面的假设:“一物理符号系统对于一般的智能行为具有充要手段”。此假设只有通过实验才能确定其真假。电子计算机是此实验的理想媒介,它可以通过编制程序去模拟人们喜欢的任何一套物理符号系统。不管运算的对象是什么,总能让计算机采取相应行动。只要对象之间的相互关系可由运算的抽象科学加以表达,运算机制就能采取行动,而且容许修改运算记法和机器行为。

物理符号系统假设的证据,不仅来自诸如博弈这一类领域,也来自像感知这一类领域。有些方面的人类智能,可由物理系统模拟,而其他则不行。这只有经过时间和努力才能看出。

物理符号系统假设有双重重要性:它既是一门关于人类智能特征的有意义的理论,它又是通过构造程序去执行现在由人去执行的某些智能任务的实践。也就是说,人们在物理符号将思维形式化的基础上,采用一定的方式把思维过程转化成某种算法或启发式规则,就可利用机器去进行计算。

### 1.1.3 人工智能技术

AI问题的涉及面极广,以至它们除了“难”这个共同点之外,几乎没有其他的共性了。但是,作为求解其中大量问题的一种技术还是存在的。除了它们都需要处理符号这一事实外,下面介绍 AI 技术可能具有的属性。

AI 自形成一门学科以来,其研究的一个结论是智能要求知识。知识虽具有重大价值,且不可缺少,但也有如下一些不理想的属性:

- 知识太庞大;
- 知识特征的刻划难于精确化;
- 知识的变动性。

所以, AI 技术的定义只能是一种开发知识的方法,且知识应按下述方法表达:

· 抓住一般性。不必去分别表达每一个别情况,而把具有重要属性的那些情况整理为一组。对不具有此属性的知识,需花费比现有大得多的计算机内存去表达和花费更多的时间去交流。

· 能为提供知识的人理解。虽然很多程序能自动从外设中读入所需的大量数据,但在 AI 领域里,程序具有的大部分知识还得由能为人们理解的术语来提供。

- 易于修改,以便改错和反映客观的变化。

- 用于多方面,即使不完全精确或不完备。
- 通过缩小常须考虑的可能性范围,帮助降低自身的巨大容量。

在应用 AI 技术时,要与对 AI 的这些限制相配合,然而,在问题与问题的求解技术之间,还是有程度不等的独立性。可以不用 AI 技术解决 AI 问题,也可以用 AI 技术解决非 AI 问题。这往往要联系 AI 技术的下面三个重要特征来考虑:

- 搜索 搜索用来求解无法用更为直接的方法求解的问题,它是一个可以将现有任何的直接技术嵌入的框架。
- 知识利用 这是一种通过开发问题对象结构来求解复杂问题的方法。
- 抽象 把重要特征和参变数与包含在任何过程之中的非重要特征和参变数区分开来。

这三个特征也可表述为推理、学习、联想。

## 1.2 计算机辅助工程

在以人工智能技术对某个问题求解之前,最好规定所要做的事,也就是问一下自己:“在试图编制模仿人脑进行智能活动(或者说思维推理)的程序时,我们的目标是什么?”由于我们的工程学科是着眼于利用具有智能的计算机硬件和软件去解决实际工程问题,所强调的是宏观的过程和效果,力求达到人类智能所能解决问题的结果,而不是在于人类智能活动机理性的研究。因此,本课程的学习重点是掌握人工智能科学研究中比较实用的一些方法,也就是解决实际工程问题所需理论和工具的一种辅助手段。目前在工程中应用较为成熟的,主要反映在以下几个方面。

### 1.2.1 CAD

以计算机取代设计工作的部分脑力劳动的计算机辅助设计(CAD)是近 20 年来迅速发展且应用相当广泛的新技术。它是以设计(总体设计,结构设计,细部设计)和制造(装配图,构件图)为主要对象,并且输出施工、材料和进一步分析所需的信息。设计产品时,根据设计要求,参考有关资料和数据,加上设计人员的经验和构思,提出产品模型,然后进行多种计算和分析,往往还需要进行优化,以使其性能、可靠性、经济性和工艺性等各方面的指标得以平衡,给出合理的方案。有些重要工程设计还需作模型试验。

CAD 技术提供高效率的设计工具,其优点如下:① 缩短设计周期;② 降低设计成本;③ 提高设计质量。工程上采用 CAD,一般可提高效率 5~20 倍,节约投资 2%~5%。

CAD 涉及到图形技术、数值分析(有限元分析)、优化设计、人机界面和数据库等。广义来说,CAD 的内容包括下面一些方面:

- 解算 计算、解方程;
- 仿真 模仿实际系统和过程;
- 思维 演绎、判断、推理、归纳、抽象、验证、类比、聚类分析、选择等;
- 解释 文字识别、语音识别、模式识别、图像解释;
- 自翻译,自解释 信息库、数据库、知识库。

由此可见,CAD 的内容非常丰富,并已构成一独立体系。

当今计算机软件和硬件的迅速发展,大型网络与多媒体技术的兴起,使 CAD 在深度和广度上发生了极其深刻的变化。可以说,现在的 CAD 中的“A”已不是指 Aided,而上升到 Automation(自动化)的高度。它反过来对设计领域和工业社会的革命产生深刻影响。首先是设计概念与内容发生了根本变化,过去的绘图和仪器设备可为数据化的信息文件所代替,并向直接进行自动化生产过渡。

### 1.2.2 集成的概念

计算机辅助设计与计算机辅助制造以及计算机辅助工程(CAD/CAM/CAE)相结合,正引起世界范围内的一场产品设计和工程设计的技术革命。

CAD/CAM 系统是实现设计—制图—制造三者联合作业的集成化技术,它是自电子技术发明以来较之其他技术更有潜力并能更快地发挥和提高劳动生产率的强有力工具。这种把产品设计、工艺规则、制造和检验一体化,以消除各阶段间因矛盾或衔接、协调不当而引起大返工、大修正等弊病,也为从全局角度降低成本、提高质量、加快产品生产提供了保证。从本质上看,计算机集成系统(CIMS)与传统的自动化制造系统的主要区别在于它具有以下特点:

- 产品生命周期(life cycle)全过程的集成化与自动化;
- 多任务、多功能、多知识领域的集成化与自动化,是对多个人类领域专家系统群体的模拟;
- 决策水平的自动化;
- 集成化、自动化的核心是智能化,它是一个分布式系统。

这里,我们从人工智能发展的另一角度——计算智能来谈论集成和集成开发环境。

所谓计算智能,是基于计算的或基于计算与物理符号相结合的各种智能理论、模型、方法的综合集成,即进行更高的感知层次和认知层次的集成。在这里,集成比在软件工程中更有更广泛的意义。

为建立计算智能自己的理论框架、基本模式和核心技术,需要一个支持其发展的集成开发环境,它涉及到下面三个基本问题:

(1) 数据库核心 以数据库为核心的传统信息处理已发展为以知识库为核心的智能信息处理系统,但在将计算函数嵌入物理网络的神经计算中,知识信息却是通过对大批样本数据或实例数据的学习而被存储在网络结构中,这些数据往往是带有大规模的、多媒体的、模糊的、不完全的、时序的属性,这样,就又回到了以数据库为核心,发展了计算智能数据库(CIDB)。但它比一般数据库和知识库具有更强的数据/信息综合处理能力,同时也具有更强大的数据语义以实现数据模型化的能力,可支持并描述模糊系统模型、神经网络模型、几何模型、计算语言模型和定性计算模型等,因此,回到以数据库为核心,绝不是简单的重复。

(2) 计算智能语言 与过程式程序设计语言主要关注数据结构的定义和操作以及程序控制流程不同,计算智能语言偏重于类型系统及其语义的扩充,以支持复杂、多样的数据类型。特别需要将程序设计语言的功能与以数据库为核心的结构相匹配,这是开发计算智能语言的关键技术之一。面向对象(O-O)能为数据库和程序设计语言提供统一的类型系统,也促进了数据库与程序设计语言的集成。

(3) 面向对象的应用 O-O 的概念和思想在计算机科学各领域中扮演着多种角色,是

计算技术发展演化过程中的某种结果和趋势。在计算智能集成开发环境中, O-O 技术有着广阔的用武之地, 譬如, 计算智能数据库可以建成面向对象计算智能数据库; 计算智能语言可以发展成支持面向对象的程序设计语言。此外, O-O 的系统分析与设计方法、O-O 的软件工具也成为计算智能系统中建模、仿真和软件构造的方法与手段。O-O 的知识表示和推理在计算智能系统中的应用, 也许能更完整、更准确地达到智能模拟的目标。充分利用 O-O 的抽象数据类型、封装、继承、多态性和消息传送机制等基本思想和技术, 完全有可能创建一个能协调综合集成智能系统的较理想的开发环境。

### 1.2.3 决策支持系统(Decision Support System, 简称 DSS)

决策支持系统属于管理信息系统(MIS)范畴。这是决策者在不可能或不希望完全由计算机系统自动地作出决策的情况下, 利用数据和模型去求解非结构或半结构问题的交互式系统, 它并不提供具体问题的答案, 而是强调直接支持决策者, 以提高他在决策中所需的业务判断能力和帮助提供决策的正确性。总之, 这种系统可使用户和计算机之间的相互作用的总效果比它们各自所得的要大。

按问题的性质, 决策有以下几种:

(1) 确定型决策, 即结构化对策。问题的结构可用数学式表示, 具有明确定义的目标函数和能求出最优解的数学表示式;

(2) 风险型决策, 一个方案的执行, 可能存在风险。可用以下式子表达:

$$V = F(a, s)$$

其中,  $V$  为效益或价值;  $a$  为供选择的决策方案;  $s$  为决策所需的客观状态变量。若  $a, s$  都已知, 就是确定型决策; 若  $a$  已知,  $s$  不知(但其发生的概率可知), 则为半结构化决策。

(3) 不确定型决策,  $a, s$  都未知, 为非结构化决策。

DSS 的基本结构如图 1.1 所示。

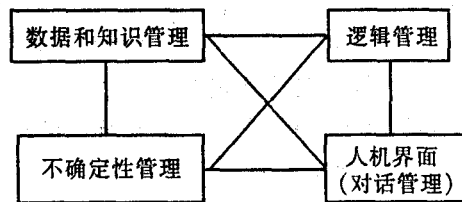


图 1.1 决策支持系统的组成

DSS 将三个十分不同的侧重点、所需的知识和行动准则汇合为一体:

决策(D)与 DSS 的非技术功能和分析以及选择的应用的准则有关;

支持(S)集中在实现和理解现实中人的操作方式以及如何帮助他们;

系统(S)强调设计和开发的技能和技巧。

决策是关键所在, 它不是简单的数据处理, 但需要数据和知识资源的支持, 而系统可以以各种不同的方式支持更多的决策。

由于学时和篇幅的限制, 也出于突出重点的考虑, 本教程没有对上述这些方面加以具体的讨论。有兴趣的读者, 可参考有关参考书。

工程人工智能中的另一个富有成效的方法是专家系统(Expert System,简称 ES),下一节中将对它作一简单介绍,并与人工智能作一比较。

### 1.3 人工智能与专家系统

专家系统技术是人工智能科学中偏向于应用的一个分支。它主要应用在领域知识的范畴,并通过计算机符号推理解决单一领域知识的问题。因此说,ES 是处理以符号模型描述的单一领域知识的技术,它不同于面向多种描述形式和多领域知识、以解决复杂问题为目的的知识处理人工智能技术。本课程为适应土木工程领域的需要,把侧重点放在 ES 技术上,但也顾及人工智能中有关的基本理论和工具,努力使在应用 ES 求解复杂问题过程中能具有较为广阔的思路和基本手段。

我们知道,人类专家掌握某一领域大量的专门知识(Expertise),其中一部分来自书本,更多的是长期实践的积累,因而能成为会妥善处理该领域问题的专家。

人们要让计算机做到与专家一样处理问题,首先就要获取那些用得上的知识,把它加以有效地组织和存储。“专家系统的性能水平是它拥有的知识的数量和质量的函数”,这是 ES 的创始人 Feigenbaum 等人的精辟分析。一个 ES 应具备的基本功能是知识的存放和使用,具体表现在以下几个方面:

- 存储问题求解所需的专家知识;
- 输入具体领域中初始数据和推理过程中所需的信息;
- 按照一定的推理策略去解决当前的问题;
- 对推理过程和结论作出必要的文字解释,让用户理解和接受;
- 提供知识获取、机器学习、修改和维护的手段;
- 提供友善的人机界面。

可见,ES 的主要特征是具有一个巨大的知识库,存储某专门领域的知识,而系统包含着控制某种推理规则的机构和人机接口,以得出求解问题的结论。应当指出的是,ES 不同于传统的应用程序。它不是由程序或数据控制按规定的步骤逐条执行指令的过程,而能灵活地反映环境的变化,是受环境控制的推理过程,它似乎能理解自己行为的目的,知道为什么采取某步骤的理由,因而表现出一定的智能水平来。

### 1.4 关于思维的研究

人的思维过程是一种信息处理过程。具体地说,大脑接收外界信息后,通过各种复杂的神经回路对信息进行加工处理,因此,明确下面几点是很重要的:

- 思维是作为物质的人脑的产物,人脑是以物质和能量为基础的信息加工场所;
- 人脑只有与感觉器官联系起来,才能思维和形成思维成果。没有任何信息材料,是不可能思维活动和思维成果的;
- 人脑要成为现实的思维器官并现实地发挥其思维功能,必须与社会实践结合。

总之,人类的思维器官——大脑与人的感觉器官和人的社会实践一起构成了人类思维活动的基本前提和条件。

对思维的研究已逐渐深入到试图建立各种思维机制的数学模型,形成思维科学。这是实现或部分实现人工智能的需要,只有对人类大脑思维活动的规律有较深入的研究,才能指导人工智能的发展。

思维科学是人类在认识自然规律和社会规律的基础上向人类自身探究的产物,它的任务是研究人脑思维活动的规律,并在利用抽象的逻辑思维方法的同时,运用现代科技手段,采用相应的科学实验方法,从宏观和微观的不同角度去探讨人脑思维活动的机制和原理。

思维科学的基础科学包括:① 抽象思维学,即逻辑思维学;② 形象思维学,又称直感思维学;③ 灵感思维学,或称顿悟、创造性思维学;④ 社会思维学。思维科学应用体现在它可以与一系列基础科学、技术科学相结合,推动了一些学科(如模式识别、智能计算机、神经生理学等)的发展。

在对人类思维的研究中,我们十分关注的是下面三个方面:

### 1. 形象思维的特征

一般逻辑思维的东西,都可以在电子计算机上实现仿真,部分地代替人的抽象思维。但是,现代计算机却没有因此而具有较高的智能水平。这说明人类的智慧与人脑的形象思维能力有密切的关系。只有对形象思维有了深入的研究,才能推动人工智能学的发展。

逻辑思维是对事物的间接的、概括的认识,它用抽象的方式进行概括,并用抽象的材料(概念、理论、数字)进行思维。形象思维则主要是用典型的方式进行概括,并用形象材料来思维。

概念是人类对所感觉到的事物所具有属性的一种抽象,它是抽象思维的细胞。譬如,墙可被抽象为平面,柱子可被抽象为棱柱体等几何对象。抽象思维就是依据抽象概念和涉及到的具体对象进行推理和判断。可以说,没有抽象概念,就没有抽象思维。

形象是人们所感觉到的事物在头脑中映像的一种储存,是形象思维的细胞。例如,教师以实例告诉学生什么是“流线型”,学生就建立了流线的形象。形象思维就是依据很多这样的形象和涉及到的具体对象来进行推理和判断。人脑以知识为基础的模式识别方式与形象思维密切相关。

但是,人脑储存的典型模式往往与碰到的新事物有差别,这就导致了联想思维、扩散思维和创造性思维。实际上,人脑以典型模式储存的知识和经验已不再是原始的形象,而是经过加工改造的形象。与抽象思维一样,从感性认识上升到形象思维的理性认识,也有一个对认识过程进行概括的过程,不过,概括得到的不是概念,而是典型形象。

应该看到,形象思维的概括性包含着含糊不清的意思。若是都一清二楚,也就用不到人们去概括了。善于概括模糊事物,是人的一大本能。因此,形象思维又具有某种模糊推理的特性。而从典型形象出发去判断非典型对象的形象思维,又包含了信息扩散的过程。

### 2. 思维科学与人工智能

从当前人类的认识水平和技术基础来看,使计算机完成人脑能做的一切工作是完全不可能的。最根本的困难是形式化的问题,由于计算机所能做的只是符号处理,由计算机去解决的任何问题,都得建立一个形式系统,规定所用的符号和将符号联接成合法序列的规则(即语法),以及如何用合法字符串表示问题领域中的意思并作出解释,然后建立一些规则,

规定对这些符号可以进行一些什么样的处理(也就是演算)。由此看来,要使计算机完成人脑所做的一切工作,就须预先把人们现在尚未认识而以后可能认识的领域形式化。要实现这一点,显然还有很多难题有待解决。比较现实的,是用计算机去代替人脑的某一项功能,起到延伸人脑的作用。而为了达到不断使计算机增强智力的目的,就很有必要去研究人类思维活动的更深入、更具体的规律,提出有关思维的新概念、新方法和新机制。

因此,对思维的研究和对人工智能与计算机模拟相互结合起来,建立各种思维机制的数学模型,这样,才能将问题深入下去,揭示思维的真谛。近年来提出的思维数学,就是以思维的定量分析问题为主要对象,提供了一条用思维链将思维科学与数学联系起来的途径,从而将思维中的有关问题转换为数学问题,有利于计算机的应用。

### 3. 计算思维

计算思维就是思维过程或功能的计算机模拟方法论。其研究目的是为了提供适当的方法,使人们能借助现代和将来的计算机,逐步达到人工智能的较高目标。计算思维对思维科学的作用,就如计算力学对力学那样不可缺少。

研究计算思维有没有基础的问题在于数学计算模型对于思维科学是否适用。思维虽然摸不着,看不见,但思维形式隐含着空间形式,思维过程隐含着数量关系。而且,思维在质上的差异总是通过量上的差异表现出来。因此,数量分析方法对于思维科学也是适用的。

人们已认识到人脑的高级功能与人脑的神经元有着密切的关系,人脑有着处理模糊信息和进行模糊推理的功能。可以这样说,脑科学和模糊数学等一系列学科的发展,为计算思维的建立提供了必要的基础条件。

关于人类思维的研究,一方面,不能把思维神秘化,认为思维是一种超自然的、与物质运动过程无关的神秘力量;另一方面,也不应将思维简单化、庸俗化,将其等同于物理的或化学的物质运动。恩格斯在《自然辩证法》中说过:“终有一天,我们可以用实验的方法把思维‘归结’为脑子中的分子的和化学的运动;但是,难道这样一来,就把思维的本质包括无遗了吗?”。这一论述为我们把握思维的本质和探讨人工智能的发展指明了方向。