

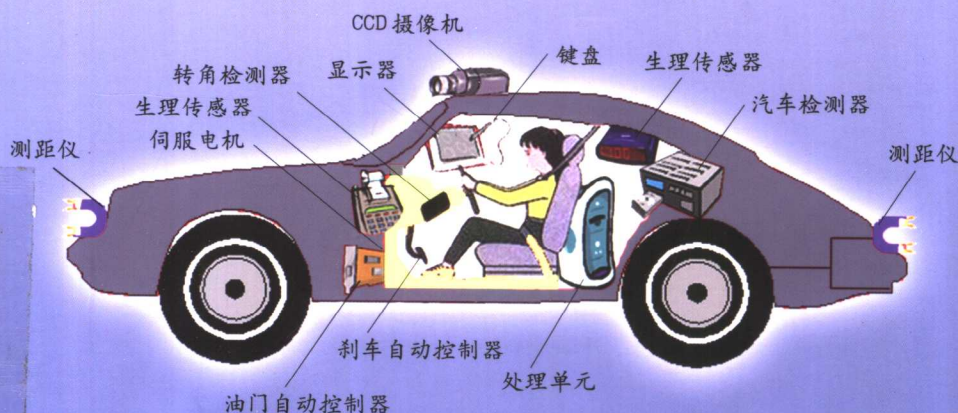


国家“十五”重点图书
国家科学技术学术著作出版基金资助项目

人机智能系统理论与方法

The Human-machine Intelligent System

陈 鹰 杨灿军 著
谭建荣 审



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社



国家“十”点图书
国家科学技术学术著作出版基金资助项目

TB18
26

人机智能系统理论与方法

The Human-machine Intelligent System

陈 鹰 杨灿军 著
谭建荣 审



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人机智能系统理论与方法 / 陈鹰, 杨灿军著. — 杭州:
浙江大学出版社, 2006. 1
ISBN 7-308-04540-4

I. 人... II. ①陈...②杨... III. 人—机系统—研究 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 132127 号

人机智能系统理论与方法

陈鹰 杨灿军著

策 划 樊晓燕
责任编辑 樊晓燕
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)
经 销 浙江省新华书店
排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 杭州东联广告印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 12
字 数 209 千
版 印 次 2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-308-04540-4/TB·035
定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88072522

序

人机系统的智能化是人机系统的发展方向。人机智能系统研究是工程科学中的一个重要研究领域。长期以来,国内外学者们在这个领域里不断地开展研究工作。随着科学技术的发展,人机智能系统成为机器智能化以及人工智能研究人员关注的重要对象之一。

20世纪90年代初期,浙江大学“人机一体化系统”研究小组在《机械工程学报》上以发表系列论文的形式,提出了人机智能系统的一种解决方法——人机一体化思想。系列论文对于“人机一体化系统”,从其定义、内涵、理论框架、建模、关键技术构成、实现方式及其设计特点出发,进行了全面的阐述。系列论文发表之后,引起了业界的关注,也得到了许多同行的重视。

人机一体化系统思想认为,对于人机智能系统,应采取人与智能机器为一体的技术路线。人与机器处在平等合作的地位上,共同认为对方是一独立的智能个体,组成一个系统。两者各自执行自己最擅长的工作,取长补短,共同感知,共同认识,共同思考,互相理解,一起讨论与协商,共同决策,共同工作,互相制约和相互监护。这样的系统,突破了传统的“智能系统”的概念,构成了达到甚至超过人的能力乃至智力的系统,能完成人与智能机器都不能单独完成的任务。

人机一体化系统理论,强调人机系统在智能与决策层面上的结合,强调智能的“人”与智能的“机器”之间的关系。人机一体化系统思想是立足于当代人工智能技术、现代控制理论、计算机科学、认知科学的现有研究成果,从机械科学的角度出发提出的一种新型智能系统的设计方法。

随后的十余年来,在多项国家自然科学基金、浙江省自然科学基金

等项目的资助下,浙江大学研究小组针对人机一体化智能系统理论开展了长期的、系统的理论研究与应用研究。在人机一体化思想的理论研究与工程实践方面,研究小组发表了一系列论文,获得了多项中国机械工程学会和浙江省颁发的优秀论文奖,并培养了多名博士、硕士研究生。同时,研究成果也为许多学术论文所引用。

六年前,研究小组在以往工作的基础上,对人机一体化系统理论与方法的研究成果进行了全面的整理,完成了“机器智能化方法”研究生课程讲义,并在浙江大学的研究生的研究生教学中进行讲授。与此同时,结合最新的相关研究成果,不断对书稿进行修改和完善,最终形成了这本书。

本书试图讨论这样一些问题:工程意义上“智能”的内涵是什么?智能化方法的实质是什么?人类思维与机器智能的关系是怎样的?机器智能化实现的一般方法有哪些?这些智能化方法的理论基础是什么?它们的异同点、优缺点怎样?现有的一些智能化方法有哪些局限性?为什么存在这些局限性?人工智能系统中应该如何看待人与机器的关系?人机关系应该如何发展?什么是适当智能化?适当智能化有什么意义?人在未来的智能系统中应扮演怎样的角色?该如何来扮演?进而思考有无立足当前科学技术的发展,建立低代价、高智能的人工智能系统的方法这一问题。在前面这些思考的基础上,本书系统性地阐述了人机智能系统的实质,讨论了人机一体化思想的基本理论与方法。在对人与机器的关系进行研究分析的基础上,系统地阐述了人机一体化理论与方法。同时,介绍了人机一体化思想立论,以及人机一体化思想的理论体系与内涵和关键技术等内容。并开展了人机一体化思想的应用研究。在讨论研究人机一体化智能控制与决策方法之后,通过不同应用实例,如汽车智能驾驶、辅助决策、机械手遥操纵、外骨骼技术等实例,研究讨论人机一体化思想的工程实践。

本书还对机器智能化理论与方法进行了深层次的探讨,对人类智能(自然智能)及机器智能的研究历史、现状、当前的技术水平、存在的问题和一般解决的方案等作了较深入的阐述,同时提出了像引入智能化评价经济性指标等这样的新概念。这些研究,使得我们对智能与思维的本

质、机器智能化的困难和一般方法等有了一个比较全面的认识。

本书共分五章。第1章主要探讨了智能化的实质,并对人机系统、智能化方法、人机智能系统的研究进展开展研究。第2章对人机系统和人机智能系统的定义、范畴和组成进行了讨论,同时研究了机器智能的计算机建模,提出适当智能化等有关理论。第3章进行了人机一体化智能系统理论体系的讨论,从其定义、内涵、理论框架、建模、关键技术构成、理论与技术基础等方面,进行全面的阐述。并从感知、决策和执行三个方面,开展人机一体化智能系统理论的研究。第4章开展人机智能系统的关键技术研究,研究人机一体化系统的控制、决策和人机耦合技术。第5章针对一些典型应用对象,如智能驾驶系统、机械手遥控操纵等方面,开展人机一体化思想的应用研究。

本书试图系统地总结人机一体化智能系统的理论与方法。同时注重工程观点,力求对机器智能化研究提出新的见解与方法,对于从事机器智能化理论与技术研究的科研技术人员,为他们进行人机智能系统设计集成,提供了解决方案的一种可选项。

同时面向机械工程、控制工程等相关学科领域的研究人员及研究生们,希望能够成为智能化系统与技术方面的参考书籍。十多年以来,研究小组在人机一体化思想方面开展的研究工作,一直是在路甬祥教授的指导下展开的,同时,本书中所提出的许多观点,事实上都是路甬祥教授提出的,在此表示衷心的感谢。感谢国家自然科学基金项目(59505001, 59975079, 50305035)和浙江省自然科学基金项目对研究工作的资助。同时感谢国家科技图书出版基金对本书出版的资助。

感谢谭建荣教授对本书的认真审稿,并提出了许多建设性的意见。

感谢我们的同事及我们的博士、硕士研究生对人机一体化思想研究的贡献。特别要感谢顾越洲副教授、张浩工程师、胡旭东教授、殷跃红博士后、何斌博士、李晓明博士、冯文镛博士、董红召博士、李波博士、Mamadou Sangare 博士、鲍人世硕士以及张佳帆博士研究生、牛彬硕士研究生、蔡春风硕士研究生等人对本书的贡献。

本书稿曾作为浙江大学机械电子工程专业博士研究生课程“机器智

能化方法”授课讲义。在 1999 届至 2004 届博士研究生的教学过程中,参加课程的博士研究生们提出了许多有价值的修改意见。在此表示感谢!

感谢本书编辑樊晓燕博士所做的一切努力。

人机智能系统的研究,是一个在不断发展中的研究方向,涉及学科广泛,时代性强。囿于作者的学识水平和篇幅的限制,本书一定存在不少缺点和错误,恳请读者不吝指教。

陈 鹰

2005 年 7 月于求是园

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 智能化的本质	4
1.3 机器智能的定义	7
1.4 智能化的研究进展	12
1.4.1 人工智能	12
1.4.2 认知科学	13
1.4.3 思维科学	15
1.5 机器智能的实现方法	15
1.6 混合智能系统	18
1.6.1 混合智能系统及其意义	19
1.6.2 混合智能系统的实现方法	20
1.7 机器智能的计算机建模	21
1.7.1 复杂系统的计算机建模	21
1.7.2 机器智能的建模方法	22
1.7.3 两种不同学派的智能建模的比较	24
1.7.4 混合智能系统建模	25
1.8 本书的目的与撰写纲要	27
1.9 小结	30
第 2 章 人机智能系统概论	31
2.1 人机系统与人机智能系统的研究进展	31
2.2 人机系统	32
2.2.1 人机系统的研究进展	34
2.2.2 人与机器关系的发展	35

2.2.3 人机工程学	38
2.2.4 人与机器的交互	39
2.2.5 人一机—环境系统	41
2.3 人机智能系统	42
2.4 人与机器的合理分工与新型关系	43
2.5 智能代价学说与适当智能化	45
2.6 人机一体化系统——人机智能系统的一种解决方案	47
2.7 小结	49
第3章 人机一体化系统技术体系	50
3.1 引言	50
3.2 人机一体化系统内涵	51
3.2.1 人机一体化系统定义	51
3.2.2 人机一体化系统的基本概念	51
3.3 人机一体化系统技术体系	54
3.3.1 人机一体化系统技术的框架结构	54
3.3.2 人机一体化系统的理论基础	54
3.3.3 人机一体化系统的技术基础	54
3.3.4 人机一体化系统的工程技术	55
3.4 人机一体化系统建模	55
3.4.1 人机一体化系统的功能层次划分	55
3.4.2 人机一体化系统的结构组成	57
3.5 人机一体化感知	59
3.5.1 人的感知特征	59
3.5.2 机器感知特征	63
3.5.3 人、机感知特征比较	64
3.5.4 人、机信息感知分工	65
3.5.5 人、机信息感知融合	65
3.6 人机一体化决策	69
3.6.1 人的思维特征	69
3.6.2 机器决策的特征	73
3.6.3 人类思维与机器智能的特征比较	76

3.6.4 人机一体化智能决策·····	77
3.7 人机一体化执行·····	80
3.8 人机一体化系统实现方式·····	82
3.9 人机一体化系统设计与描述·····	83
3.10 小结·····	86
第4章 人机智能系统的关键技术·····	88
4.1 人机智能系统的控制技术·····	88
4.1.1 概述·····	88
4.1.2 人机一体化智能控制系统模型·····	90
4.1.3 人机一体化智能控制策略研究·····	91
4.1.4 人机一体化智能控制的实现·····	97
4.2 人机一体化智能决策技术·····	110
4.2.1 人机一体化智能决策系统的基本概念·····	110
4.2.2 人主机辅型决策模型·····	112
4.2.3 机主人辅型决策模型·····	112
4.2.4 人机共商型决策模型·····	113
4.2.5 人机一体化智能决策的实现方法·····	115
4.3 人机一体化人机耦合技术·····	128
4.3.1 人的肢体建模技术的研究·····	128
4.3.2 图像分割、识别和理解技术·····	130
4.3.3 基于人机一体化理论的外骨骼技术·····	131
4.3.4 外骨骼技术实现人机耦合的方法·····	132
4.4 小结·····	138
第5章 人机智能系统的实践研究·····	139
5.1 人机智能系统应用·····	139
5.2 人机智能车辆驾驶技术研究·····	142
5.2.1 智能驾驶系统研究进展·····	142
5.2.2 人机一体化智能驾驶模型的建立·····	144
5.2.3 人机一体化智能驾驶方法研究·····	146
5.2.4 人机协同驾驶单元技术·····	155

5.3 载人深潜器中的机械手遥控操纵	156
5.3.1 载人深潜器舱外机械手的控制	157
5.3.2 载人深潜器液压机械手的控制模型	159
5.3.3 机械手的主从控制方法	160
5.3.4 基于外骨骼技术的人机耦合技术实现	161
5.4 多人—多机协同技术	165
5.4.1 研究意义	166
5.4.2 多人—多机协同工作模型	168
5.5 小结	171
参考文献	172

第 1 章 绪 论

思维的本质是什么?智能的本质是什么?如何进行智能的人工模拟?怎样实现机器智能?什么是人机系统?什么是人机智能系统?自人类文明诞生以来,这些问题困扰了人类一个又一个世纪。到了崭新的 21 世纪,现代的科学技术对这个问题仍没有得出令人满意的答案。对于人类智能的模拟,是人类一代又一代的梦想与追求,直到今天,它仍是一个不朽的研究热点。在科学技术发展的长河中,人们提出了一个又一个智能系统的人工实现方法,每次都曾给人们带来新的喜悦,然而这种喜悦都没有持续太久。因为,人类毕竟对智能的本质了解甚少。将智能看作是一个黑箱抑或是灰箱来进行研究与模拟,使得形形色色的机器智能化方法带着悲剧性的先天不足。然而,能够让我们聊以自慰的是,人类一次又一次对智能的模拟、智能的实现进行冲击,极大地推动了科学技术的进步与人类社会的发展。人机系统这一客观世界中的客观存在,长期以来一直被人工智能技术领域所忽视。人机智能系统理论的诞生,是机器智能领域第一次对人机系统的正面直视。人机智能系统的发展,必将使机器智能领域走向一个新的辉煌。

1.1 引 言

在漫长的科学技术发展历程中,人类发明工具征服自然、改造世界。18 世纪末,随着世界工业革命的兴起,人类创造出了机器,并利用机器工作,使得人类从繁重的体力劳动中解脱出来。20 世纪初,随着控制论的发展,自动化技术发挥出重大作用,使得人类的肢体得到进一步解放。20 世纪中叶,随着计算机、现代控制论、人工智能等学科的兴起和发展,智能化理论成为科学技术发展的一个主要方向。人们正在不断地探索用智能化的机器来代替人的脑力劳动。可以说,智能化是自动化的最高

表现。通过科学家和工程师的艰辛努力,智能化系统在一些领域得到了成功应用。如专家系统等人工智能理论在多个领域取得了重大突破,产生了一定的社会效益和经济效益。

然而,在历史上,在自动化技术的发展过程中也有过许多惨痛的教训,例如轰动全球的1986年苏联的切尔诺贝利核电站核泄漏事件,2002年初夏中国民航和台湾华航等几架飞机的坠落惨案等,为此人们不得不对自动化技术进行新的思考。1931年提出的“Goedel不完全性理论”又在新近旧话重提。按这个理论观点,任何“完整”的系统,总存在其系统本身无法解决的问题。因此有些学者开始从新的角度研究“自动化系统的现代设计原则”,提出“恰当自动化”的口号,其中一个重要变革,就是要在自动化系统重新考虑“人”的地位。考虑人的因素,提倡将人参与到自动化系统中去。

然而智能化的进一步研究与应用却遇到了难以逾越的障碍,甚至遭到许多挫折。例如在汽车、飞机、轮船等交通工具的驾驶过程中,由于交通环境的复杂多变性,加之驾驶操作的复杂性,所以很难完全通过机器智能来实现全自动驾驶。据统计,一种无人驾驶飞机最初800次飞行,失事数达155次,而同类型的有人驾驶飞机的最初800次飞行,失事数仅3次。类似的例子还很多,在此就不一一列举。由此可见,在有些情况下,前者的可靠度要比后者的可靠度低得多。而且全自动驾驶系统的可靠度随着使用期的延长而迅速下降,比如,有的自动驾驶系统在工作不到一个星期,可靠度下降到50%以下,而人驾驶飞机的可靠度,即使几年也不会有什么大变化,甚至由于技术的熟练,还会使可靠度有所提高。所以在系统中,人的智能与系统智能的综合,愈来愈受到重视。2004年底在东南亚海域发生的海啸事件,也使人们考虑在灾难预警系统中,应当实现基于人与智能机器的智能化系统。

任何系统,在一定含义下首先是人机系统。近年来,人们越来越感到“纯自主”的自动化系统或“全智能”的系统并不是解决问题的最佳方案,人们正在探索一条设计人机一体化智能系统的新路子。这里的主要原因可以归纳如下:首先,人类在通常情况下都不愿意将生命攸关的决策交给不具有人的责任心的自动化或智能化机器去做。其次,智能化理论与技术的发展还很不完善,还有待于进一步开展深入研究,而且可能还需要相当长的一段时间。再次之,只有在系统中充分发挥人的智能,

将人的智能和机器的智能有机结合起来,才能取得更好的经济效益。

人类思维的本质,与物质的本质、宇宙的起源和生命的奥秘一起,成为人类科学探索活动中的四大难题。揭示思维本质,进而模拟人类智能活动,构筑智能系统,是对人类科学技术研究工作的最大挑战。从古代文明开始,无论是西方的古希腊或古罗马,还是东方的中国,都对人类思维的本质展开了研究与探讨,充分体现了思维对人类活动的重要性。

20 世纪中叶,随着计算机科学、控制论、人工智能技术的兴起和发展,人类创造出了具有一定人类智能的机器,于是就诞生了机器智能系统。通过人工智能学者们的艰辛努力,有许多智能系统得到了成功应用。有人曾过早地预言在不长的时间里“机器会拥有人一样的智能”,从而就可以研制出无人参与的、全自动运行的所谓“自主系统”。然而随着时间的推移和研究的进一步深入,现在大多数专家认为虽然不能说机器具有人的智能是完全不可能的,但是至少可以说人工智能的发展是漫长的,起码在今后一段很长时间内这是不可能的。

人和机器组成的人机系统事实上从人类创造了工具(大约一万年以前的新石器时代)开始就已经存在了。在一个漫长的过程中,人类是利用工具(简单机械)征服自然、改造世界的。18 世纪末期,随着世界工业革命的爆发,人类创造出了机器(复杂机械),并利用机器做功,使得人们从繁重的体力劳动中解脱出来;20 世纪初,随着控制论的发展,自动化技术起着主导作用,使得人类的劳动得到进一步解放;20 世纪中叶随着计算机、现代控制论、人工智能等科学的兴起和发展,机器智能化技术成为科学技术发展的一个主要方向,人们正在不断地探索用机器智能来代替人的脑力劳动。通过专家们的艰辛努力,机器智能系统在一些领域得到了成功应用。尤其是专家系统的研究在多个领域取得了重大突破,产生了一定的社会效益和经济效益。20 世纪 90 年代初涌现的人机智能系统,建立了人与计算机之间的崭新的关系,从而使人工智能系统达到了一个新的境界。因此,在人工智能系统中,人与机器的关系应该如何,也是人工智能系统研究者所要关心的问题。

人机智能系统技术在现代工业和社会中得到大量的应用,从企业信息管理、智能交通系统、政府宏观决策、军队后勤供给调度,到加工机床、水下遥控技术、外骨骼技术、车辆驾驶等各方面,都能看到人机智能系统的影子。人机智能系统,由于将“人”这个特殊体引入了系统中,与一般

的智能系统有着天壤之别。它给机器智能化理论带来了新的课题,同时机器智能化原有的一般理论与方法,也不能适应人机智能系统的研究与实现。

在现代科学技术体系不断地创新、发展的今天,我们提出了人机一体化系统与技术。人机一体化思想是立足于机械科学的立场上提出的,它研究人与机器之间的关系,试图重新考虑系统中人与机器的位置,建立起以人为中心,人与机器平等合作,各自发挥自己的长处以获得最高效益的人机一体化系统。在这种定义下的人机一体化系统中(我们为这种系统拟就了一个新的英文名谓 Humachine,以区别于一般人机工程学中的人机系统概念 Human-machine System 和人工智能学科中的人机智能系统概念 Man-machine System),机器已不单纯是计算机或机械设备了,而是包括思维体系、感知体系和执行体系在内的智能机器,因此传统的“智能系统”概念也发生了很大的变化。实际上,人机一体化思想是一种构筑智能系统的方法。

1.2 智能化的本质

什么是智能?智能是怎样评判的呢?先让我们来看看 Turing 提出的智能的判断方法,那就是著名的 Turing 测试方法。该方法是这样的:将一个人工系统置于一块幕布的后面,与一个自然人进行“交谈”,如果在一定的时间内该人仍不能辨别出幕布后面的是人工系统还是人,则就可以认为幕布后面的人工系统是具有智能的。然而对于人工智能系统的研究已过去数十年了,我们惊讶地发现,尽管“Turing 测试”准则是基于行为主义性质的,但是直至今天,仍没有一个机器智能系统能够通过“Turing 测试”。那么,这就能够说明我们的人工智能技术所研究的系统都不具备智能了吗?

怎样的系统才能称得上是智能系统?有知识的系统是否一定是智能系统?像一些冠以“智能”头衔的系统,如智能仪表、智能洗衣机等,是否真正具备智能?另外,如果有两个人工智能系统,怎样判断哪个系统智能化水平高呢?

这要从智能的定义开始谈起。什么是智能呢?众所周知,智能与知识相关。那么,什么是知识呢?先让我们从几个基本的概念开始。

什么是数据?数据是一切客观事物的属性、数量、位置及其相互关系的抽象表示。“5乘以6等于30”中的5,6,30当然是数据,用以表征“电流可驱动电磁铁动作”这个概念中的“电流”、“驱动”和“电磁铁”,也都可被认为是数据。在智能化研究领域中,数据可以分为两大类型,即数值型数据和非数值型数据。智能化技术的一大特征,就是对非数值型数据的处理,即对“电流”、“驱动”和“电磁铁”等数据进行处理。

什么是信息呢?数据所表示的涵义,我们可称之为信息。同样的数据,对于不同的人、不同的场合、不同的专业领域,其反映的内涵是不一样的,即反映的信息是不一样的。例如,对于“1+1”这样一个问题,小学生们可大胆地回答等于2;大学生们就会不知所措了,因为这个问题给他们带来的信息实在是太多了;而对于陈景润们,则又是另一码事了。因此,数据与信息的关系就是,数据是信息的载体,信息是数据的释义,信息是加载在数据之上的。

知识又是什么呢?知识是以各种方式把多个信息关联在一起的信息结构,也就是说,知识是多个数据的联系关系。知识是人类认识世界、改造世界过程的积累。它反映在教科书中,也反映在人的大脑中。知识可以通过载体进行传播,知识可以通过学习获得,知识是随着社会的发展而不断发展的。知识具有真理性、相对性、不完全性、模糊性与不精确性、相容性、可表示性、可储存性(可记忆)、可传递性、可处理性等属性。其中的许多属性是机器智能化系统可以被实现的基本条件。

有了知识,才有智能。但知识是静止的,可以以书本的形式存在,可以以文字形式存在,或存储在计算机中,它并不反映智能。智能的实质是知识的运用,而知识 K 又可来自智能活动的结果。如果定义智力 A 是运用知识解决问题的能力,那么,我们可以非常工程化地表示出智能 I 的定义:

$$I = K + A \quad (1-1)$$

也就是说,智能水平反映为这样两个方面的综合,一个方面是智能系统中具备的知识量是否大、水平是否高;另一方面则反映为智力水平是否高,解决问题的能力是否强。稚童在下象棋时能够将一个白发老者击败,不能说稚童的知识比老者高,而只能认为稚童的智力与知识的综合水平在弈棋这一方面比老者强。实际上可以这样认为,在知识面方

面,稚童也许比老者差,而稚童应用知识的能力比老者好。

因此,要衡量一个系统是否具备智能,就应当从知识与智力这两个方面来评判。光有知识的系统,不能说就是一个智能的系统。智能化水平的评判也应从这两个方面来综合考虑。评判一个系统的智能化水平,是十分困难的,现在也未曾建立起明确的评判体系。这是智能化理论研究领域的一个重要研究方向。更多的评判方法是让系统对同一问题进行求解,通过求解问题的结果来判断一个系统的智能化水平高低,这实质上也是对一个智能化系统的“知识”与“智力”作综合的评判。

智能是一个非常复杂的现象,它具有多维性。从行为的角度来看,智能可定义为一种解题的行为或操作;从结构与功能的角度来看,智能可理解是人类智能的内在结构与其功能表现相统一的过程;从人与环境的角度来看,智能可看作是人与环境的一种关系;而从人的社会历史属性角度来看,智能是人类社会发展的产物。由于从行为的角度,智能可看作是一种操作,因此,智能具有计算性,即智能可来自于计算(也就是说,智能可被操作),这为机器智能化奠定了基础。

现在让我们回到本节开始时所提出的问题,什么样的系统才可称之为智能系统。通常人们在技术上可接受的是这样一种观点:一个系统,如果能够实现原先只有人类才能完成的工作,就可称之为智能系统。于是,能够进行数学证明的机器是人工智能系统,弈棋机是人工智能系统,专家系统是人工智能系统,甚至自动化系统也是人工智能系统。本书认为,一个系统,如果能够模拟人类智能活动,能够实现原先只有人类才能完成的工作,在组成结构上,能够清楚地反映“知识”与“智力”两部分,就是一个智能系统,只不过系统的智能水平高低不同。这种定义是实用的,也是符合工程意义的。当然,我们也清楚地认识到,人类的智能活动也是分层次的,是具有不同层面的,因此,机器智能的实现也是分层次、分不同层面的。随着科学的发展,人类对自身大脑的认识不断提高,人工智能系统的智能水平也将不断提高,它将能够替代越来越多的人类智能活动。

最后,让我们来看 Reed 的机器智能化定义。美国人 Reed 提出的机器智能的反应等价准则,将机器智能与人的智能在三个水平上进行比较,从而定义机器智能化的水平:第一层水平,要求机器行为与人的行为具有共同的特点(Turing 准则对机器智能的评判是在这一水平上的);第