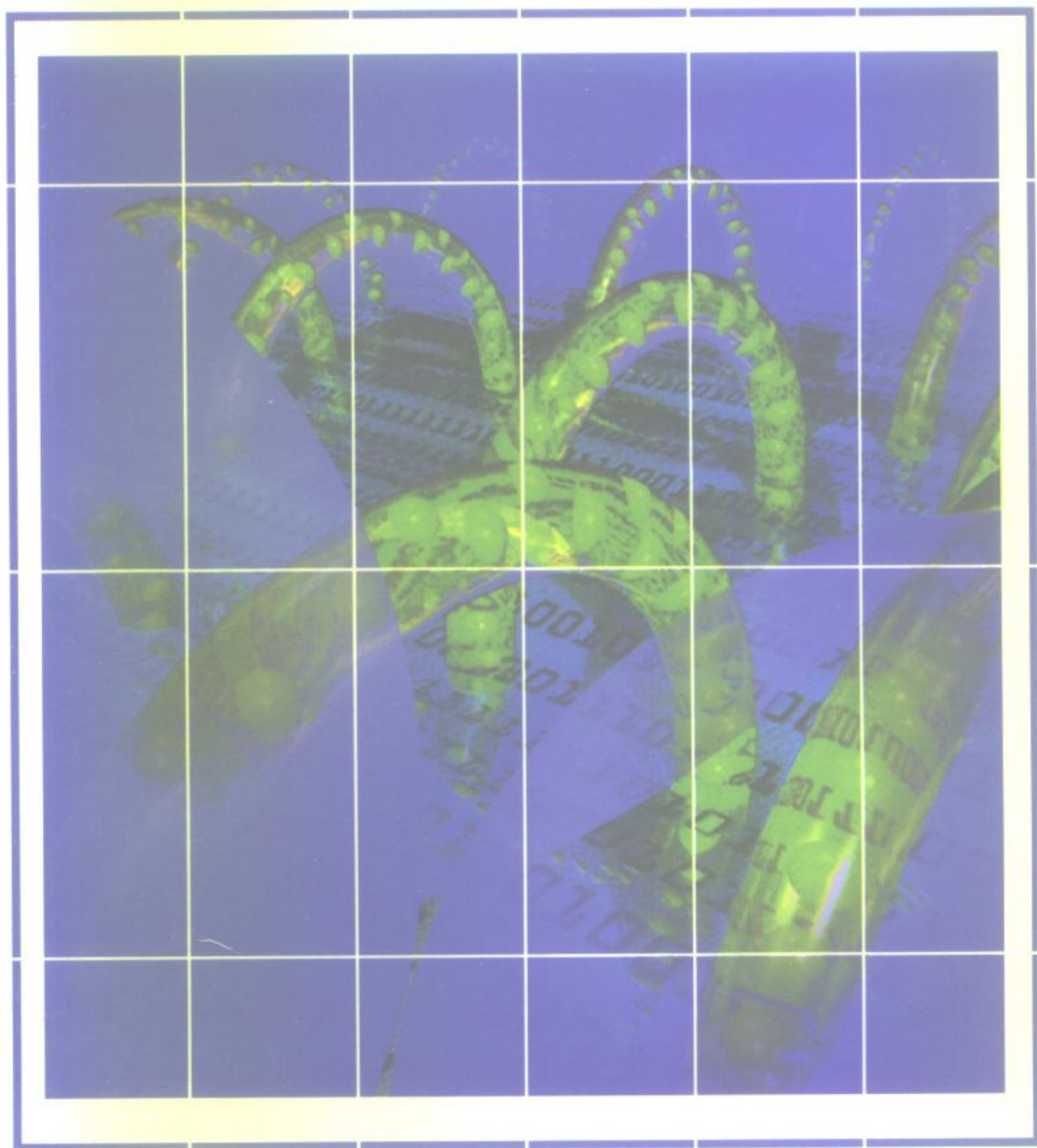


计算机类本科系列教材



人工智能技术导论

廉师友 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

TP18

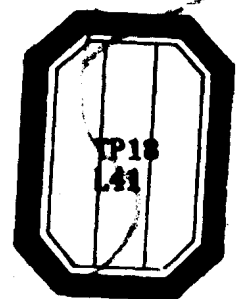
L41

464168

计算机类本科系列教材

人工智能技术导论

廉师友 编著



00464168

西安电子科技大学出版社

2000

0009/06

内 容 简 介

本书介绍人工智能的基础理论和基本技术。全书共分为四部分：第一部分(第1章)阐述人工智能的基本概念、研究途径、分支领域和发展概况等；第二部分(第2章)介绍了几种常用的人工智能程序设计语言；第三部分(第3、4、5、6、7章)详述了机器推理、搜索控制、知识表示、不确定性处理等人工智能的基本技术；第四部分(第8、9、10章)分别介绍了专家系统、机器学习和自然语言理解的基本原理和方法，特别对专家系统作了较为详细的叙述。

本书取材新颖，内容丰富，逻辑严谨，语言通俗，理例结合，图文并茂，注重基础，面向应用。本书可作为高等院校本科计算机、自动化、信息、管理、控制及系统工程等专业的人工智能课程的教材或教学参考书，也可供其他专业的师生以及科研和工程技术人员自学或参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能技术导论/廉师友编著.
—西安:西安电子科技大学出版社,2000.1
ISBN 7-5606-0811-6

I. 人… I. 廉… III. 人工智能—教材 N. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 71377 号

责任编辑 陈宇光 杨宗周
出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)
电 话 (029)8227828 邮编 710071
<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com
经 销 新华书店
印 刷 西安兰翔印刷厂
版 次 2000年1月第1版 2000年1月第1次印刷
开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 17
字 数 395千字
印 数 1~4 000册
定 价 17.00元
ISBN 7-5606-0811-6/TP·0417

*** 如有印装问题可调换 ***

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志,无标志者不得销售。

前 言

人工智能技术被称为本世纪三大科技成就之一，专家系统、机器学习、自然语言理解等分支领域已经开始投入实用。一个智能化信息处理的新时代正向我们走来。

近年来，计算机网络特别是 Internet 和 WWW 的迅猛发展和广泛应用，又为人工智能提供了新的广阔天地。信息化需要智能化的支持，人工智能在信息高速公路上也将发挥重要作用。因此，目前世界各国对人工智能的研究都十分重视，纷纷投入大量的人力、物力和财力，激烈争夺这一高新技术的制高点。在这种形势下，人工智能技术的基础教育亟待进一步加强。

事实上，现已有不少高等院校都将“人工智能技术”作为计算机、自动化等信息类专业的一门重要课程，就连一些文、理、工专业也开设了这门课程。

本书正是为应普及人工智能技术之需而编写的。它是在已有讲义《人工智能与专家系统》的基础上，并参考了国内外大量文献资料，结合作者多年来的教学实践和研究成果撰写而成的。

考虑到读者对象的层次和课时方面的限制，我们确定了“基础、简明、新颖、实用”的选材原则和课程内容。对于该学科中那些较深入和专门的内容则点到为止。

全书共分为四部分：第一部分(第 1 章)阐述人工智能的基本概念、研究途径、分支领域和发展概况等；第二部分(第 2 章)介绍了几种常用的人工智能程序设计语言；第三部分(第 3、4、5、6、7 章)详述了机器推理、搜索控制、知识表示、不确定性处理等人工智能的基本技术；第四部分(第 8、9、10 章)分别介绍了专家系统、机器学习和自然语言理解的基本原理和方法，特别对专家系统作了较为详细的叙述。

本书在写作上的特点是理例结合，即在介绍一般原理和方法时，都配有具体实例和程序，从而提高了所述内容的可理解性和可操作性。为了使教材内容具有新颖性，能紧跟当前人工智能的发展步伐，书中注意收集了近年来发展起来的一些新理论和新技术。

为了便于教学和自学，本书在体系结构上进行了探索和改革，在叙述上力求通俗和简明，并注意了逻辑性和系统性。书中还附有上机实习指导，便于读者学以致用。最后的名词索引为中英文对照，相当于小型的人工智能词典。总之，学完本书后读者可掌握人工智能的基础理论和基本技术，并具有初步的智能系统设计和智能程序设计能力。

本书可作为高等院校本科计算机、自动化、信息、管理、控制以及系统工程等专业的人工智能课程的教材或教学参考书，也可供其他专业的师生以及科研和工程技术人员自学或参考。

本书的编写，得到中国人工智能学会理事长涂序彦教授的热情关怀、大力支持和悉心指导。涂教授在百忙中抽出时间，审阅了初稿并提出了许多宝贵意见。中国人工智能学会副理事长何华灿教授也为本书的写作给予了热情的指导。在此，谨向他们表示由衷的敬意。

和感谢！西安石油学院计算机系的领导和同志们对本书的出版也给予了大力支持和帮助，西安电子科技大学出版社对本书的出版也给予了大力支持，特别是陈宇光、杨宗周编辑，对本书的出版也付出了辛勤劳动，在此也一并向他们表示感谢！

尽管作者对本书的撰写作了很大努力，但由于水平和视野的限制，特别是该学科的发展极为迅速，书中难免有不足甚至错误之处，故恳请有关专家、同行和广大读者批评指正。

作者

1999年10月

序

智能化是当前计算机、自动化、通信、管理等信息科学技术领域中的新方法、新技术、新产品的重要发展方向与开发策略之一。因此，普及人工智能原理与应用方面的基础知识是科技发展和社会进步的需要。

广义的人工智能学科是模拟、延伸和扩展人的智能，研究与开发各种机器智能和智能机器的理论、方法与技术的综合性技术科学。

廉师友同志在多年教学实践与科研工作的基础上，编著了《人工智能技术导论》一书。其内容丰富，取材新颖，结构合理，深入浅出，注重基础，面向应用，不仅可作为高等院校人工智能课程的教学用书，而且可供关心人工智能的广大读者自学参考。

因此，该书出版将为我国人工智能科技知识的普及和人工智能事业的发展作出积极的贡献。

中国人工智能学会(理事长)

涂序彦

1999年10月于北京

目 录

第 1 章 人工智能概述	1
1.1 人工智能的概念	1
1.1.1 什么是人工智能	1
1.1.2 为什么要研究人工智能	1
1.1.3 人工智能的目标	2
1.2 人工智能的研究途径与方法	3
1.2.1 结构模拟, 神经计算	3
1.2.2 功能模拟, 符号推演	3
1.2.3 行为模拟, 控制进化	4
1.3 人工智能的分支领域	4
1.3.1 基于脑功能模拟的领域划分	4
1.3.2 基于实现技术的领域划分	8
1.3.3 基于应用领域的领域划分	8
1.3.4 基于应用系统的领域划分	12
1.3.5 基于计算机系统结构的领域划分	13
1.3.6 基于实现工具与环境的领域划分	14
1.4 人工智能的基本技术	14
1.4.1 推理技术	14
1.4.2 搜索技术	15
1.4.3 知识表示与知识库技术	15
1.4.4 归纳技术	16
1.4.5 联想技术	16
1.5 人工智能的发展概况	16
1.5.1 人工智能学科的产生	16
1.5.2 符号主义途径发展概况	17
1.5.3 连接主义途径发展概况	18
1.5.4 当前发展趋势	20
1.5.5 我国人工智能发展简况	20
习题一	21
第 2 章 人工智能程序设计语言	22
2.1 综述	22
2.1.1 函数型语言	22
2.1.2 逻辑型语言	22
2.1.3 面向对象语言	23
2.1.4 混合型语言	23

2.2	函数型程序设计语言 LISP	24
2.2.1	LISP 的程序结构与运行机制	24
2.2.2	S - 表达式	25
2.2.3	基本函数	26
2.2.4	自定义函数	29
2.2.5	程序举例	29
2.3	逻辑型程序设计语言 PROLOG	30
2.3.1	PROLOG 的语句	30
2.3.2	PROLOG 程序	31
2.3.3	PROLOG 程序的运行机理	33
2.4	Turbo PROLOG 程序设计	35
2.4.1	Turbo PROLOG 的程序结构	36
2.4.2	Turbo PROLOG 的数据与表达式	38
2.4.3	输入与输出	41
2.4.4	分支与循环	42
2.4.5	动态数据库	44
2.4.6	表处理与递归	44
2.4.7	回溯控制	47
2.4.8	程序举例	48
2.5	面向对象程序设计语言 Smalltalk	51
2.5.1	基本概念	52
2.5.2	基本对象	53
2.5.3	消息模式	53
2.5.4	消息表达式	54
2.5.5	消息表达式序列——语句	55
2.5.6	程序块	55
2.5.7	程序流程控制	55
2.5.8	类库	56
2.5.9	类定义	57
2.5.10	继承	58
2.5.11	Smalltalk 的程序结构和运行机理	59
	习题二	62

第 3 章	基于谓词逻辑的机器推理	63
3.1	一阶谓词逻辑	63
3.1.1	谓词、函数、量词	63
3.1.2	谓词公式	64
3.1.3	谓词逻辑中的形式演绎推理	66
3.2	归结演绎推理	70
3.2.1	子句集	70
3.2.2	命题逻辑中的归结原理	72
3.2.3	替换与合一	74
3.2.4	谓词逻辑中的归结原理	77

3.3	应用归结原理求取问题答案	79
3.4	归结策略	81
3.4.1	问题的提出	81
3.4.2	几种常用的归结策略	83
3.4.3	归结策略的类型	87
3.5	归结反演程序举例	88
3.6	Horn 子句归结与逻辑程序	90
3.6.1	子句的蕴含表示形式	90
3.6.2	Horn 子句与逻辑程序	91
3.7	非归结演绎推理	92
3.7.1	Bledsoe 自然演绎法	92
3.7.2	基于规则的演绎推理	92
3.7.3	王浩算法	92
	习题三	93
第 4 章 图搜索技术		95
4.1	状态图搜索	95
4.1.1	状态图	95
4.1.2	状态图搜索	96
4.1.3	穷举式搜索	99
4.1.4	启发式搜索	101
4.1.5	加权状态图搜索	103
4.1.6	启发式图搜索的 A 算法和 A* 算法	105
4.1.7	状态图搜索策略小结	106
4.2	状态图问题求解	106
4.2.1	问题的状态图表示	106
4.2.2	状态图问题求解程序举例	110
4.3	与或图搜索	117
4.3.1	与或图	117
4.3.2	与或图搜索	119
4.3.3	启发式与或树搜索	120
4.4	与或图问题求解	124
4.4.1	问题的与或图表示	124
4.4.2	与或图问题求解程序举例	125
4.5	博弈树搜索	127
4.5.1	博弈树的概念	127
4.5.2	极小极大分析法	127
4.5.3	$\alpha - \beta$ 剪枝技术	129
	习题四	130
第 5 章 产生式系统		132
5.1	产生式规则	132
5.1.1	产生式规则	132

5.1.2 基于产生式的推理模式	133
5.2 产生式系统	133
5.2.1 产生式系统的组成	133
5.2.2 产生式系统的运行过程	134
5.2.3 控制策略与常用算法	134
5.3 产生式系统与图搜索	138
5.4 产生式系统的应用	139
5.5 产生式系统的程序实现	139
5.5.1 产生式规则的程序语言实现	139
5.5.2 规则库的程序实现	141
5.5.3 动态数据库的程序实现	141
5.5.4 推理机的程序实现	141
习题五	142
第 6 章 知识表示	143
6.1 知识及其表示	143
6.1.1 知识的概念	143
6.1.2 知识表示	144
6.1.3 知识表示的语言实现	145
6.2 框架	145
6.2.1 框架的概念	145
6.2.2 框架的表达能​​力	147
6.2.3 基于框架的推理	148
6.2.4 框架的程序语言实现	149
6.3 语义网络	150
6.3.1 语义网络的概念	150
6.3.2 语义网络的表达能​​力	151
6.3.3 基于语义网络的推理	154
6.3.4 语义网络的程序语言实现	154
6.4 面向对象知识表示	155
习题六	157
第 7 章 不确定性处理	159
7.1 不确定性及其类型	159
7.2 不确定性知识的表示	160
7.2.1 随机性知识的表示	160
7.2.2 模糊性知识的表示	162
7.2.3 模糊集合与模糊逻辑	163
7.2.4 多值逻辑	165
7.2.5 非单调逻辑	165
7.2.6 时序逻辑	166
7.3 不确定性推理的一般模式	166
7.4 确定性理论	167

7.5 证据理论	168
7.5.1 基本概念	168
7.5.2 基于证据理论的不确定性推理	171
7.6 模糊推理	173
7.6.1 语言变量, 语言值	173
7.6.2 用模糊(关系)集合表示模糊规则	173
7.6.3 模糊关系合成	174
7.6.4 基于关系合成的模糊推理	175
7.6.5 模糊推理的应用与发展	176
习题七	177

第 8 章 专家系统	179
8.1 专家系统的概念	179
8.1.1 什么是专家系统	179
8.1.2 专家系统的特点	180
8.1.3 专家系统的类型	180
8.1.4 专家系统与知识系统	181
8.1.5 专家系统与知识工程	181
8.1.6 专家系统与人工智能	182
8.2 专家系统的结构	182
8.2.1 概念结构	182
8.2.2 实际结构	183
8.2.3 分布式结构	185
8.2.4 黑板模型	185
8.3 专家系统的应用与发展概况	187
8.3.1 专家系统的意义	187
8.3.2 专家系统的应用	187
8.3.3 专家系统的发展概况	188
8.4 专家系统实例	192
8.4.1 PROSPECTOR 的功能与结构	192
8.4.2 知识表示	193
8.4.3 主观贝叶斯推理模型	198
8.4.4 控制策略	203
8.4.5 解释系统	204
8.5 专家系统设计与实现	205
8.5.1 一般步骤与方法	205
8.5.2 快速原型与增量式开发	206
8.5.3 知识获取	206
8.5.4 知识表示与知识描述语言设计	207
8.5.5 知识库与知识库管理系统设计	207
8.5.6 推理机与解释功能设计	209
8.5.7 系统结构设计	210

8.5.8 人机界面设计	211
8.6 专家系统开发工具与环境	211
8.6.1 专家系统开发工具	211
8.6.2 专家系统开发环境	213
8.7 新一代专家系统研究	214
8.7.1 深层知识专家系统	214
8.7.2 模糊专家系统	214
8.7.3 神经网络专家系统	215
8.7.4 大型协同分布式专家系统	216
8.7.5 网上(多媒体)专家系统	216
8.7.6 事务处理专家系统	216
习题八	216
第9章 机器学习	218
9.1 符号学习	218
9.1.1 记忆学习	218
9.1.2 传授学习	219
9.1.3 演绎学习	220
9.1.4 类比学习	220
9.1.5 示例学习	220
9.1.6 发现学习	222
9.1.7 解释学习	223
9.2 神经网络学习	224
9.2.1 生物神经元	225
9.2.2 人工神经元	225
9.2.3 神经网络	226
9.2.4 神经网络学习	228
9.2.5 BP 网络及其学习举例	230
9.2.6 神经网络模型	232
习题九	234
第10章 自然语言理解	235
10.1 简单句理解	235
10.1.1 理解的实现过程	235
10.1.2 语法分析	236
10.1.3 语义分析	238
10.2 复合句理解	239
10.3 转换文法和转换网络	240
10.3.1 转换文法	240
10.3.2 转换网络	241
习题十	242

上机实习指导	243
实习一 PROLOG 语言编程练习	243
实习二 图搜索问题求解	244
实习三 小型专家系统(原型)设计	244
名词索引	248
主要参考文献	257

第 1 章 人工智能概述

1.1 人工智能的概念

1.1.1 什么是人工智能

顾名思义,人工智能就是人造智能,其英文表示是“Artificial Intelligence”,简称 AI。当然,这只是人工智能的字面解释或广义解释。目前的“人工智能”一词是指用电子计算机模拟或实现的智能,同时,人工智能又是一个学科名称。作为学科,人工智能研究的是如何使机器(计算机)具有智能的科学和技术,特别是人类智能如何在计算机上实现或再现的科学和技术。因此,从学科角度讲,当前的人工智能是计算机科学的一个分支。

人工智能虽然是计算机科学的一个分支,但它的研究却不仅涉及到计算机科学,而且还涉及到脑科学、神经生理学、心理学、语言学、逻辑学、认知(思维)科学、行为科学和数学,以及信息论、控制论和系统论等许多学科领域。因此,人工智能实际上是一门综合性的交叉学科和边缘学科。

要研究人工智能,当然要涉及什么是智能的问题。但这却是一个难以准确回答的问题。因为关于智能,至今还没有一个确切的公认的定义。这是由于智能是脑特别是人脑的属性或者说产物。但人脑的奥秘至今还未完全揭开。从系统的观点看,人脑是一个复杂的、开放的、动态的巨系统。它的内部结构和工作机理,至今人们还不完全清楚。所以,这就导致了对于智能的多种说法。譬如有人说智能的基础是知识(因为没有知识的智能是不可想象的),有人说智能的关键是思维(因为知识是思维产生的),还有人说智能取决于感知和行为,认为智能是在系统与周围环境不断“刺激—反应”的交互中发展和进化的。对此我们不想多加评论。我们认为,从内涵来讲,智能应该是知识+思维;从外延来讲,智能就是发现规律、运用规律的能力(或者说获取知识、运用知识的能力)和分析问题、解决问题的能力。

1.1.2 为什么要研究人工智能

我们知道,电子计算机是迄今为止最有效的信息处理工具,以至于人们称它为“电脑”。但现在的普通计算机系统的智能还相当低下,譬如缺乏自适应、自学习、自优化等能力,也缺乏社会常识或专业知识等,而只能是被动地按照人们为它事先安排好的工作步骤

进行工作。因而它的功能和作用就受到很大的限制，难以满足越来越复杂和越来越广泛的社会需求。既然计算机和人脑一样都可进行信息处理，那么是否也能让计算机同人脑一样也具有智能呢？这正是人们研究人工智能的初衷。

事实上，如果计算机自身也具有一定智能的话，那么，它的功效将会发生质的飞跃，成为名副其实的电“脑”。这样的电脑将是人脑更为有效的扩大和延伸，也是人类智能的扩大和延伸，其作用将是不可估量的。例如，用这样的电脑武装起来的机器人就是智能机器人。智能机器人的出现，将标志着人类社会进入了一个新的时代。

研究人工智能也是当前信息化社会的迫切要求。我们知道，人类社会现在已经进入了信息化时代。但信息化的进一步发展，就必须有智能技术的支持。例如，当前迅速发展着的国际互联网 Internet 就强烈地需要智能技术。特别是当我们要在 Internet 上构筑信息高速公路时，其中有许多技术问题就要用人工智能的方法去解决。这就是说，人工智能技术在 Internet 和未来的信息高速公路上将发挥重要作用。

智能化也是自动化发展的必然趋势。自动化发展到一定水平，再向前发展就是智能化，即智能化是继机械化、自动化之后，人类生产和生活中的又一个技术特征。

另外，研究人工智能，对探索人类自身智能的奥秘也可提供有益的帮助。因为我们可以通过电脑对人脑进行模拟，从而揭示人脑的工作原理，发现自然智能的渊源。

1.1.3 人工智能的目标

人工智能的研究目标可分为远期目标和近期目标。远期目标是要制造智能机器。具体来讲，就是要使计算机具有看、听、说、写等感知和交互功能，具有联想、推理、理解、学习等高级思维能力，还要有分析问题、解决问题和发明创造的能力。简言之，也就是使计算机像人一样具有自动发现规律和利用规律的能力，或者说具有自动获取知识和利用知识的能力，从而扩展和延伸人的智能。

从目前的技术水平来看，要全面实现上述目标，还存在很多困难。人工智能的近期目标是实现机器智能，即先部分地或某种程度地实现机器的智能，从而使现有的计算机更灵活、更好用和更有用，成为人类的智能化信息处理工具。

需指出的是，人工智能的远期目标虽然现在还不能全部实现，但在某些侧面，当前的机器智能已表现出相当高的水平。例如，在机器博弈、机器证明、识别和控制等方面，当前的机器智能的确已达到或接近了能同人类抗衡和媲美的水平。下面的两例可见一斑：1995年，美国研制的自动汽车（即智能机器人驾驶的汽车），在高速公路上，以每小时 55 公里的速度，从美国的东部一直开到西部，其中的 98.8% 的操作都是由机器自动完成的；1997年 5 月 3 日至 11 日，IBM 公司的深蓝巨型计算机与蝉联 12 年之久的世界象棋冠军卡斯帕罗夫进行了 6 场比赛，撕杀得难分难解。在决定胜负的最后一局比赛中，深蓝以不到 1 小时的时间，在第 19 步棋就轻易逼得卡斯帕罗夫俯首称臣，从而以 3.5 分比 2.5 分的总成绩取得胜利。

1.2 人工智能的研究途径与方法

我们知道,智能是脑特别是人脑所具有的。那么,要实现人工智能,自然就离不开对人脑的借鉴,其中包括对人脑的结构、功能和人脑具有智能的原因、过程等的借鉴。于是,就产生了如下几种人工智能研究途径和方法。

1.2.1 结构模拟,神经计算

所谓结构模拟,就是根据人脑的生理结构和工作机理,实现计算机的智能,即人工智能。我们知道,人脑的生理结构是由大量神经细胞组成的神经网络。由于这个网络太庞大、太复杂——研究表明,人脑是由大约 10^{11} 个神经细胞组成的一个动态的、开放的、高度复杂的巨系统,以致于人们至今对它的生理结构和工作机理还未完全弄清楚。因此,对人脑的真正和完全模拟,一时还难以办到。所以,目前的结构模拟只是对人脑的局部或近似模拟。具体来讲,就是用人工神经元(神经细胞)组成的人工神经网络来作为信息和知识的载体,用所谓神经计算的方法实现学习、联想、识别和推理等功能,从而来模拟人脑的智能行为,使计算机表现出某种智能。

所以,结构模拟法也就是基于人脑的生理模型,采用数值计算的方法,从微观上来模拟人脑,实现机器智能。这种方法一般是通过神经网络的“自学习”获得知识,再利用知识解决问题。神经网络具有高度的并行分布性、很强的鲁棒性和容错性。所以,它擅长模拟人脑的形象思维,便于实现人脑的低级感知功能,例如图象、声音信息的识别和处理。

采用结构模拟,运用神经网络和神经计算的方法研究人工智能者,被称为生理学派、连接主义。这种方法早在 20 世纪 40 年代就已出现,但由于种种原因而发展缓慢,甚至一度出现低潮,直到 80 年代中期才重新崛起,当前已成为人工智能一个非常热门的研究方向。

1.2.2 功能模拟,符号推演

由于人脑的奥秘至今还未彻底揭开,所以,人们就在当前的数字计算机上,对人脑从功能上进行模拟,实现人工智能。这种途径称为功能模拟法。

具体来讲,功能模拟法就是以人脑的心理模型,将问题或知识表示成某种逻辑网络,采用符号推演的方法,实现搜索、推理、学习等功能,从宏观上来模拟人脑的思维,实现机器智能。

基于功能模拟的符号推演,是人工智能研究中最早使用且直至今日还主要使用的方法。人工智能的好多重要成果也都是用该方法取得的,如自动推理、定理证明、专家系统、机器博弈等等。这种方法一般是利用显式的知识(库)和推理(机)来解决问题的。所以,它擅长模拟人脑的逻辑思维,便于实现人脑的高级认知功能,如推理、决策等。

以功能模拟和符号推演研究人工智能者,被称为心理学派、逻辑学派、符号主义。

需说明的是,人们使用功能模拟方法的原因,一方面是由于至今人们对人脑的生理结构和工作机理还没有完全弄清楚;另一方面是由于:①当前的数字计算机可以方便地实现高速的符号处理;②这种方法可以显式地表示知识,容易表达人的心理模型;③智能行为

也并非仅神经网络那样的结构形式所独有。

以上两种方法,是当前人工智能研究的两条主要途径。它们各有所长,也各有所短。从这两种方法所擅长处理的问题来看,它们都有一定的局限性,而且刚好互为补充。因此,至少从目前来看,这两种研究途径并不是互相取代,而是并存和互补的关系。事实上,功能模拟虽然仅是对大脑的功能模拟,但它对揭示大脑生理奥秘仍有许多借鉴之处;结构模拟虽然主观上是要对大脑实现仿真,但由于至今人们对大脑的工作原理还没有完全搞清楚,因而也带有一定程度的功能模拟性。再从当前的研究现状来看,人们将模糊推理与神经计算相结合,已展现出相得益彰的喜人前景。因此,将功能模拟与结构模拟相结合是当前人工智能研究的总趋势。

1.2.3 行为模拟,控制进化

除了上述两种研究途径和方法外,还有一种基于感知—行为模型的研究途径和方法。我们称其为行为模拟法。这种方法是模拟人在控制过程中的智能活动和行为特性,如自寻优、自适应、自学习、自组织等,来研究和实现人工智能。基于这一方法研究人工智能的典型代表要算 MIT 的 R. Brooks 教授,它研制的六足行走机器人(亦称为人造昆虫或机器虫),曾引起人工智能界的轰动。这个机器虫可以看作是新一代的“控制论动物”,它具有一定的适应能力,是一个运用行为模拟即控制进化方法研究人工智能的代表作。

事实上,R. Brooks 教授的工作代表了称为“现场(situated)AI”的人工智能新方向。现场 AI 强调智能系统与环境的交互,认为智能取决于感知和行动,智能行为可以不需要知识,提出“没有表示的智能”,“没有推理的智能”的观点,主张智能行为的“感知—动作”模式,认为人的智能、机器智能可以逐步进化,但只能在现实世界中与周围环境的交互中体现出来。智能只能放在环境中才是真正的智能,智能的高低主要表现在对环境的适应性上。

以行为模拟方法研究人工智能者,被称为行为主义、进化主义、控制论学派。行为主义曾强烈地批评传统的人工智能(主要指符号主义,也涉及连接主义)对真实世界的客观事物和复杂境遇,作了虚假的、过分简化的抽象。

1.3 人工智能的分支领域

由于智能的复杂性,人工智能实际上是一个大学科。经过 40 余年的发展,现在其技术脉络已日趋清楚,理论体系已逐渐形成,应用范围不断扩展,人工智能学科现已分化出了许多的分支研究领域。下面我们从不同角度对其作以简介。

1.3.1 基于脑功能模拟的领域划分

1. 机器感知

机器感知就是计算机直接“感觉”周围世界。具体来讲,就是计算机像人一样通过“感觉器官”直接从外界获取信息。如通过视觉器官获取图形、图像信息,通过听觉器官获取声音信息。所以,要使机器具有感知能力,就首先必须给机器配置各种感觉器官,如视觉器官、听觉器官、嗅觉器官等等。于是,机器感知还可以再分为机器视觉、机器听觉等分支