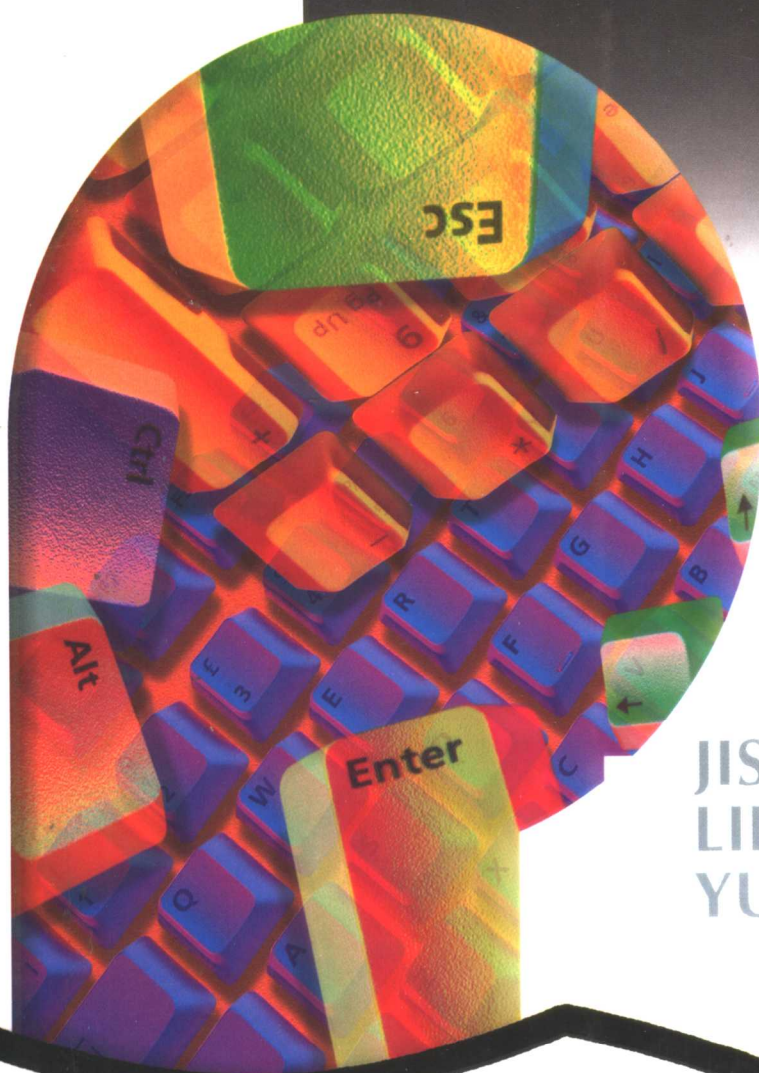


计算智能

——理论、技术与应用

丁永生 编著



JISUANZHINENG
LILUNJISHU
YUYINGYONG



科学出版社

www.sciencep.com

上海市研究生教学用书

计算智能——理论、技术与应用

丁永生 编著

科学出版社
北 京

内 容 简 介

本书面向智能系统学科的前沿领域,系统地讨论了计算智能的理论、技术及其应用的各个方面,比较全面地反映了国内外计算智能研究和应用的最新进展。内容包括模糊控制、神经网络控制、进化计算与遗传算法、人工免疫系统、专家系统、学习控制系统、DNA 计算与基于 DNA 的软计算、智能 Agent、粗集理论、混沌控制与同步、网络智能自动化等方面的理论、技术与应用。本书取材新颖,内容深入浅出,材料丰富,理论密切结合实际,具有较高的学术水平和较大的参考价值。

本书可作为高等院校相关专业高年级本科生或研究生的教材及参考用书,也可供从事智能科学、自动控制、系统科学、计算机科学、应用数学等领域研究的教师和科技工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算智能——理论、技术与应用/丁永生编著. —北京:科学出版社,2004.8

ISBN 7-03-013902-X

I. 计... II. 丁... III. 人工智能—神经网络—计算
IV. TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 070074 号

责任编辑:张 臻/责任校对:连秉亮

责任印刷:刘 学/封面设计:一 明

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

上海交大印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004 年 8 月第一次印刷 印张:31

印数:1—2 200

字数:714 000

定价:58.00 元

前 言

自从电子计算机诞生以来,人们就希望计算机能具有智能并取代人类进行各种智能活动。但直到智能系统的出现和发展,才给人们展示了进行人类智慧模拟的曙光。

在人类社会和自然界中存在各种有待人们去研究的奥秘,而人类的智能研究是最为重要的,生命现象的奥秘和生物的智能行为也一直被科学家们所关注。生物体是一个非常复杂的大规模系统,生物为维持个体的非平衡耗散结构,获得了根据自组织化构造信息处理系统的能力。生物信息系统可看成一个高级信息处理系统,且能被启发以提供给工程领域各种富有成效的智能技术和方法。生物信息处理系统有功能与时空尺寸相异的脑神经系统、免疫系统和内分泌系统。这三个子系统通过分泌荷尔蒙的神经分泌系统发生相互作用。这些子系统以及遗传信息系统向生物智能方向发展可导向计算智能。这些计算智能技术用于计算领域可看成软计算。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。在用进废退、优胜劣汰的进化过程中,适应度高的结构被保存下来,智能水平也随之提高。因此,计算智能就是基于结构演化的智能。现有的计算智能主要包括神经网络、进化计算、免疫计算、模拟退火及模拟人类大脑思维方式的模糊系统等。这些方法具有自学习、自组织、自适应的特征和简单、通用、鲁棒性强、适于并行处理的优点,一直是智能科学领域的研究热点,且已在并行搜索、联想记忆、模式识别、知识自动获取、智能控制等方面得到了广泛的应用。

从自动控制角度看,计算智能的发展促使自动控制向智能控制发展。可以说,智能控制是控制理论、人工智能和计算机科学相结合的产物。智能控制系统是在控制论、信息论、人工智能、仿生学、神经生理学及计算机科学发展的基础上逐渐形成的一类高级信息与控制系统。智能控制与智能自动化技术是众多学科和工程技术之集成。尽管最初人们认为智能控制是自动控制理论与人工智能的结合,但事实上,智能控制是一门仍在不断丰富和发展中的具有众多学科集成特点的科学与技术。它不仅包含了自动控制、人工智能、计算机科学和系统理论的内容,而且还从生物学、心理学、协同学等学科中吸取了丰富的营养。目前,在世界范围内,智能控制和智能自动化科学与技术正在成为自动化领域中最兴旺和发展最迅速的一个分支学科,并被许多发达国家确认为面向 21 世纪和提高国家竞争力的核心技术。

近十多年来,计算智能理论与技术得到了迅速的发展,其应用领域也越来越广,从工业控制、模式识别、知识自动获取、经济管理、生物医学到网络智能自动化等许多领域都取得了激动人心的研究成果和应用。为了培养新世纪的高素质人才,有必要向广大研究生、高年级的本科生和相关科研人员及时而全面地反映这一领域的理论、技术与应用的新成果。自 20 世纪 80 年代后期,智能系统被许多高校的控制科学与工程、计算机科学与工程、电气科学与工程等学科的博士和硕士作为一门学位课程,也被其他相关学科作为指定

选修课或公共选修课。近年来,在许多高校的高年级的本科生中也开设了模糊控制、模糊控制与智能控制、模糊与神经网络控制、专业前沿导论等课程。虽然目前国内外已有一些好的教材,但这些教材没有包括近几年计算智能中出现的一些新的分支。另外,现有教材每一章之后大都没有配以实验和思考题。为了进一步地推动该领域的研究与应用,尤其是反映该领域最新的研究成果,满足广大教学和科研人员对相应教材的迫切需要,我们特编写了本书。

本书结合了我们近年来在该领域的研究成果,对计算智能的各个方面进行较系统而全面地阐述和讨论。全书共分12章。第一章介绍了计算智能和智能控制。第二章到第十二章讨论了计算智能的主要领域,包括模糊控制、神经网络控制、进化计算与遗传算法、人工免疫系统、专家系统、学习控制系统、DNA计算与基于DNA的软计算、智能Agent、粗集理论、混沌控制与同步、网络智能自动化等。全书以计算智能为主线,较全面而系统地总结了现有计算智能的理论和技術,并尽可能地涉及多个应用领域。本书的学术思想先进,内容新颖,材料丰富,理论密切结合实际,结构安排合理,既照顾到面,又照顾到点,有深度和广度。读者既可以了解到这一领域的前沿研究情况和一般知识,又可以深入某一较深的研究方向。同时,编写时还融入了近年来作者在这些领域所做出的研究成果,尤其是模糊控制、神经网络、人工免疫系统、DNA软计算、智能Agent、粗集和网络智能自动化等前沿研究成果。书中每一章后都配备了实验和思考题,既满足多个学科不同层次读者的需要,也可以作为某一专题的单独课程或高等院校有关专业高年级本科生和研究生的教材或参考书。本书的绝大部分内容曾经在东华大学博士和硕士教学中使用多年,反映良好。

在编写过程中,我们参阅和摘引了许多先行者的学术论文和著作。本书绝大部分内容由作者编写,其中第八章由任立红副教授编写,第十章与李德敏副教授合写,第十一章与方建安教授合写。全书由作者统编,邵世煌教授主审。帮助收集素材和文字录入的有张向锋、皋磊、周斌、游艳琴、王亦未、余润仙、赵景彦和杨林等研究生。

本书是上海市学位办的研究生教学用书重点建设系列教材之一。本书中的部分研究成果得到了国家自然科学基金青年基金(60004006)、国家自然科学基金(69874038)、教育部高校博士点专项基金(1999025509)、教育部骨干教师计划、上海市曙光计划(99SG20)和上海市青年科技启明星计划(00QD14038)的资助。特别感谢上海市学位办向作者拨出“上海市研究生教学用书”专项经费和东华大学的配套经费,使得本书能得以顺利出版。

感谢美国 Wayne State University 电气及计算机工程系的 Hao Ying 教授多年来一直支持我们的研究工作,并提出了许多宝贵建议。另外,我们也要感谢东华大学提供的科研和工作条件,使我们能顺利地完其其中的部分研究工作。最后,我们还要感谢东华大学信息科学与技术学院的同仁对我们工作的一贯支持。

由于本书内容涉及多个学科前沿,知识面广,且时间仓促,再加上学识有限,本书中的有些观点和提法难免有不妥之处。恳请广大同行、读者给予批评指正。

丁永生

2004年2月于东华大学

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 从传统人工智能到计算智能	1
1.1.1 智能	1
1.1.2 传统人工智能	1
1.1.3 计算智能	2
1.1.4 其他智能理论	2
1.1.5 计算智能各领域间的联系	3
1.2 智能控制	3
1.2.1 控制理论的产生及其发展	3
1.2.2 智能控制的产生及其发展	4
1.2.3 智能控制的基本概念	5
1.2.4 智能控制的学科范畴	6
1.2.5 智能控制的未来与挑战	6
1.3 小结	7
思考题	7
2 模糊控制	8
2.1 概述	8
2.1.1 模糊控制的发展简史	8
2.1.2 模糊控制的研究进展	8
2.1.3 模糊控制的应用领域	14
2.2 模糊数学基础	14
2.2.1 模糊集合	14
2.2.2 模糊运算	15
2.2.3 模糊关系	16
2.2.4 模糊变换	17
2.2.5 模糊推理	18
2.2.6 模糊决策	20
2.3 模糊控制的基本原理	21
2.3.1 模糊控制器的基本结构	21
2.3.2 模糊控制系统的组成	22
2.4 模糊控制系统的分析和设计	22
2.4.1 模糊控制器的解析结构	22

2.4.2	模糊控制系统的稳定性分析	41
2.4.3	模糊系统万能逼近理论	44
2.5	模糊控制的工程应用	51
2.5.1	激光加热中组织温度的实时模糊控制	52
2.5.2	Internet 网络的智能搜索	56
2.6	小结	60
	实验	61
	思考题	61
	参考文献	62
3	神经网络控制	64
3.1	概述	64
3.1.1	神经元模型	64
3.1.2	神经网络的结构和学习规则	65
3.1.3	神经网络的发展概况	68
3.1.4	神经网络的研究范畴	69
3.2	神经网络的基本理论	70
3.2.1	有监督学习神经网络	70
3.2.2	无监督学习和反馈神经网络	77
3.2.3	模糊神经网络	86
3.3	基于神经网络的系统建模	100
3.3.1	神经网络逼近理论	100
3.3.2	基于神经网络的系统建模	101
3.4	神经网络控制系统的结构	102
3.4.1	基于神经网络的学习控制	102
3.4.2	基于神经网络的直接逆控制	103
3.4.3	基于神经网络的自适应控制	103
3.4.4	基于神经网络的内模控制	105
3.4.5	基于神经网络的预测控制	105
3.4.6	基于 CMAC 的控制	106
3.4.7	基于多层神经网络的控制	106
3.4.8	基于神经网络的递阶控制	107
3.4.9	基于模糊神经网络的控制	107
3.4.10	神经网络专家控制	107
3.5	神经网络的应用	108
3.5.1	ATM 的流量控制	108
3.5.2	倒立摆系统的神经网络控制	113
3.6	小结	114
	实验	115

思考题	115
参考文献	115
4 进化计算与遗传算法	116
4.1 概述	116
4.1.1 从生物进化到进化计算	116
4.1.2 进化计算的主要分支	118
4.1.3 进化计算的主要特点	120
4.1.4 进化计算的研究内容	122
4.1.5 进化计算的应用	123
4.2 进化计算的基本原理	124
4.2.1 进化计算的基本概念	124
4.2.2 进化计算的基本结构(一般框架)	125
4.2.3 进化计算的自适应性	128
4.2.4 基本遗传算法的设计和实现	129
4.3 进化计算的理论与分析	135
4.3.1 遗传算法的一般收敛性理论	135
4.3.2 遗传算法的马尔可夫链模型	137
4.3.3 遗传算法的收敛速度分析	139
4.3.4 遗传算法结构的分析与设计	139
4.3.5 进化规划和进化策略的收敛性	141
4.4 遗传算法的改进	141
4.4.1 递阶(层次)遗传算法	141
4.4.2 CHC 算法	142
4.4.3 Messy 遗传算法	143
4.4.4 基于实数编码的遗传算法	143
4.4.5 基于小生境技术的遗传算法	143
4.4.6 微种群算法	144
4.4.7 双种群遗传算法	144
4.4.8 自适应遗传算法	145
4.4.9 混合遗传算法	146
4.4.10 并行遗传算法	147
4.4.11 协同多群体遗传算法	148
4.4.12 混沌遗传算法	150
4.5 进化计算的应用	151
4.5.1 进化模糊控制系统	151
4.5.2 进化神经网络	152
4.5.3 基于遗传算法的分类器系统	155
4.5.4 用遗传算法实现智能 Internet 搜索	156

4.6 小结	160
实验	160
思考题	160
参考文献	160
5 人工免疫系统	163
5.1 概述	163
5.1.1 人工免疫系统的产生与发展	163
5.1.2 人工免疫系统的研究范畴及应用	164
5.1.3 免疫计算智能与其他智能技术的比较	165
5.2 生物免疫机理	167
5.2.1 生物免疫系统的组成与特征	167
5.2.2 免疫系统的计算能力	169
5.2.3 免疫系统的网络学说	170
5.2.4 免疫系统的自己-非己识别机理	171
5.2.5 免疫的学习机理	172
5.2.6 免疫系统的反馈机理	172
5.2.7 与免疫遗传算法相关的生物机理	173
5.3 人工免疫网络模型	173
5.3.1 基于独特型网络学说的人工免疫网络模型	173
5.3.2 互联耦合免疫网络	176
5.3.3 对称网络模型	177
5.3.4 多值网络模型	178
5.3.5 免疫通信网络	180
5.4 免疫学习算法	181
5.4.1 阴性选择算法	182
5.4.2 学习算法	182
5.4.3 免疫进化算法	183
5.4.4 克隆选择算法	188
5.4.5 免疫 Agent 算法	188
5.5 免疫计算智能系统的应用	189
5.5.1 基于免疫反馈机理的控制系统	189
5.5.2 免疫自适应控制	193
5.5.3 自律移动机器人	194
5.5.4 免疫模式识别	195
5.5.5 免疫故障诊断	195
5.5.6 免疫思想在计算机安全中的应用	196
5.6 小结	200
实验	200

思考题	200
参考文献	201
6 专家系统	204
6.1 概述	204
6.1.1 专家系统的基本概念	204
6.1.2 专家系统的研究现状	204
6.1.3 专家系统的应用领域	206
6.2 专家系统的原理与结构	206
6.2.1 专家系统的功能与结构	206
6.2.2 专家系统的知识表示方法	207
6.2.3 知识获取与知识库管理	214
6.2.4 专家系统的自动推理机制	216
6.3 神经网络专家系统	223
6.3.1 传统专家系统与神经网络的集成	223
6.3.2 基于神经网络的知识处理	224
6.3.3 基于神经网络的专家系统实例	224
6.4 模糊专家系统	226
6.4.1 模糊专家系统与传统专家系统的区别	226
6.4.2 模糊专家系统的特征	227
6.4.3 模糊专家系统的构成	228
6.5 专家控制系统	230
6.5.1 专家控制系统的基本原理与结构	231
6.5.2 实时专家控制系统	232
6.5.3 直接专家控制系统和间接专家控制系统	233
6.5.4 仿人智能专家控制系统	234
6.6 专家系统与其他技术的结合应用	237
6.6.1 组件对象模型技术在专家系统中的应用	237
6.6.2 基于 UML 技术的专家系统	237
6.6.3 基于数据挖掘的专家系统推理机制	238
6.6.4 专家系统在网络管理中的应用	238
6.6.5 专家系统在数据处理中的应用	239
6.7 应用实例——道路交通事故处理辅助决策专家系统	239
6.7.1 系统的总体结构	240
6.7.2 系统的基本组成	240
6.7.3 知识库内容的表示	242
6.7.4 实验结果	244
6.8 小结	245
实验	245

思考题·····	245
参考文献·····	246
7 学习控制系统 ·····	247
7.1 概述 ·····	247
7.1.1 学习控制的基本概念 ·····	247
7.1.2 机器学习 ·····	248
7.1.3 学习控制的框架 ·····	251
7.1.4 学习控制的研究状况 ·····	252
7.2 基于模式识别的学习控制 ·····	254
7.2.1 模式分类 ·····	255
7.2.2 线性再励学习控制 ·····	256
7.2.3 Bayes 学习控制 ·····	257
7.3 基于迭代和重复的学习控制 ·····	258
7.3.1 迭代学习控制 ·····	259
7.3.2 重复自学习控制 ·····	262
7.4 联结主义学习控制 ·····	263
7.4.1 直接自适应-学习控制·····	263
7.4.2 间接自适应-学习控制·····	264
7.5 增强式学习控制 ·····	265
7.5.1 时间差分学习 ·····	265
7.5.2 自适应启发式评判 ·····	266
7.5.3 Q-学习 ·····	268
7.5.4 基于规则的自学习(模糊)控制 ·····	269
7.5.5 基于进化计算的增强学习 ·····	270
7.6 应用例子 ·····	271
7.6.1 机器人足球问题 ·····	271
7.6.2 采用增强学习的智能体用于单路口交通信号学习控制 ·····	273
7.6.3 基于神经网络的增强学习算法 ·····	276
7.7 小结 ·····	277
实验·····	277
思考题·····	278
参考文献·····	278
8 DNA 计算与基于 DNA 的软计算 ·····	280
8.1 概述 ·····	280
8.1.1 生物背景 ·····	280
8.1.2 DNA 计算·····	283
8.1.3 DNA 计算与软计算的集成·····	285
8.1.4 研究内容及其前景 ·····	286

8.2 DNA 计算与 DNA 计算机	286
8.2.1 DNA 计算的数学机理	287
8.2.2 DNA 计算的研究进展	287
8.2.3 DNA 计算的算法实现实例	289
8.2.4 DNA 计算的优点及目前存在的问题	293
8.3 DNA 计算与软计算的集成	294
8.3.1 DNA 计算与进化计算的集成	294
8.3.2 DNA 计算与模糊系统的集成	304
8.3.3 DNA 计算与神经网络的集成	313
8.3.4 DNA 计算与人工免疫系统的集成	318
8.3.5 DNA 计算与其他智能系统的集成	320
8.4 小结	321
实验	322
思考题	322
参考文献	322
9 智能 Agent 及其应用	325
9.1 概述	325
9.1.1 智能 Agent	325
9.1.2 多 Agent 系统	326
9.1.3 移动 Agent	327
9.1.4 Agent 的应用领域与发展前景	327
9.2 智能 Agent 的模型与结构	330
9.2.1 智能 Agent 的模型	330
9.2.2 智能 Agent 的系统结构	332
9.3 智能 Agent 的通信与协调	337
9.3.1 通信方式	337
9.3.2 Agent 通信语言	337
9.3.3 Agent 协调与协作	338
9.4 移动 Agent	340
9.4.1 移动 Agent 及其计算模式	340
9.4.2 移动 Agent 的优点	341
9.4.3 移动 Agent 的总体结构	342
9.4.4 一般移动 Agent 的具体构成	343
9.4.5 移动 Agent 系统实现的技术难点	344
9.5 面向智能 Agent 的软件开发技术、环境与工具	345
9.5.1 开发技术、环境与工具的发展	345
9.5.2 面向移动 Agent 的 IBM Aglet 平台	346
9.6 智能 Agent 的应用	348

9.6.1	基于多 Agent 的网络检索系统	348
9.6.2	基于多 Agent 的智能供应链管理系统	351
9.7	小结	357
	实验	358
	思考题	359
	参考文献	359
10	粗集理论及其在智能系统中的应用	361
10.1	概述	361
10.1.1	粗集理论的基本概念及其特点	361
10.1.2	粗集理论的研究进展	363
10.2	粗集理论与模糊集理论	364
10.2.1	粗模糊集合	364
10.2.2	模糊粗集	365
10.3	粗集理论与机器学习	366
10.3.1	有导师学习及其算法	367
10.3.2	知识学习的充分性	368
10.3.3	导师知识的完备性	369
10.3.4	推理学习	371
10.4	粗集理论的应用	374
10.4.1	任务分配	374
10.4.2	协同模型	377
10.4.3	信息度量	381
10.4.4	移动计算	383
10.4.5	群决策一致性	389
10.5	小结	395
	实验	395
	思考题	396
	参考文献	396
11	混沌控制与同步	398
11.1	概述	398
11.1.1	混沌的定义及特性	398
11.1.2	混沌控制与同步的研究现状	402
11.2	混沌系统的经典控制方法	404
11.2.1	基于参数的混沌控制方法——OGY 方法	404
11.2.2	基于 OGY 方法的改进——Riccati 方程法	405
11.2.3	基于 OGY 方法的改进——极点配置法	407
11.2.4	混沌系统的反馈控制	409
11.2.5	几种控制方法的比较	410

11.3	混沌系统的智能控制	410
11.3.1	模糊系统中的混沌	411
11.3.2	混沌系统的模糊控制	412
11.3.3	神经网络中的混沌	414
11.3.4	基于神经网络的混沌控制	416
11.4	混沌同步	417
11.4.1	混沌系统同步原理	417
11.4.2	混沌反馈同步	417
11.4.3	驱动-响应同步法	419
11.4.4	主动被动同步法	421
11.4.5	混沌自适应同步	422
11.4.6	混沌神经网络的同步控制方法	430
11.4.7	几种混沌同步方法的比较	431
11.5	混沌同步方法在通信保密中的应用	432
11.5.1	保密通信应用现状	432
11.5.2	传统同步通信方法	433
11.5.3	混沌同步通信方法	433
11.6	小结	435
	实验	435
	思考题	436
	参考文献	436
12	网络智能化	438
12.1	概述	438
12.1.1	智能网技术	438
12.1.2	智能化网络管理与控制	439
12.1.3	网络信息检索的智能化	441
12.1.4	网络智能化发展趋势——主动网络技术	441
12.2	智能网	442
12.2.1	智能网的体系结构	442
12.2.2	智能网业务	444
12.3	智能化网络体系结构	445
12.3.1	网络管理与控制体系结构	445
12.3.2	网络管理的移动式智能 Agent 结构	446
12.3.3	网络的体系结构	449
12.3.4	基于生物网络结构的网络管理平台	451
12.4	网络智能应用	456
12.4.1	网络智能信息检索服务	456
12.4.2	基于 Web 的智能数据挖掘	464

12.4.3 网络计算的计算智能.....	467
12.5 网络智能化发展趋势——主动网络技术.....	471
12.5.1 主动网络技术简介.....	471
12.5.2 主动网络的实现方案及其体系结构.....	472
12.5.3 主动网络的具体应用及其安全问题.....	474
12.5.4 主动网络的研究现状.....	478
12.6 小结.....	479
实验.....	479
思考题.....	479
参考文献.....	480

1 绪 论

当前科学技术正进入多学科互相交叉、互相渗透、互相影响的时代,这一点在信息科学领域表现得尤为突出。很多复杂的实际问题不仅涉及大量的计算,而且需要实时响应,同时还需要智能系统对各种不同来源的知识、技术和方法进行集成。

具有智能的机器一直是人类的梦想。直到 1956 年人工智能技术的出现,人们为此做出了巨大的努力。近年来,随着人工智能应用领域的不断拓广,传统的基于符号处理机制的人工智能方法在知识表示、处理模式信息及解决组合爆炸等方面所碰到的问题已变得越来越突出。为此,寻求适于大规模并行且具有某些智能特征(如自组织、自适应、自学习等)的计算智能系统已成为人们关注的目标。近些年来,模糊逻辑、神经网络、进化计算、免疫计算、DNA 计算等一些研究方向都是模拟某一自然现象或过程而发展起来的,并且具有适于高度并行与自组织、自适应、自学习等特征,因而引起了人们的极大兴趣。这些新方法通过“拟物”与“仿生”,为解决某些复杂问题提供了卓有成效的方法和途径。

1.1 从传统人工智能到计算智能

1.1.1 智能

智能是个体有目的的行为、合理的思维以及有效地适应环境的综合性能力。智能如果用作名词,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;如果用作形容词,则指柔性的、自学习的、自组织的、自适应的、自治的等。

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,称为自然智能理论;另一方面是研究如何用人工的方法模拟、延伸和扩展智能,称为人工智能理论。

人工智能理论以自然智能理论为基础,一旦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,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。但由于人脑结构高度复杂,目前自然智能理论还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。人工智能理论的主流也从结构模拟的道路走向了功能实现的道路。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,通过几十年的发展已经形成较为系统的理论体系,包含极为丰富的内容,并在实际中得到了广泛的应用,发挥了显著的作用。

1.1.2 传统人工智能

传统人工智能的研究开始于 1956 年,致力于以语言或符号规则的形式来表达和模拟人类的智能行为,主要目标是应用符号逻辑的方法模拟人的问题求解、推理和学习等方面

的能力。

传统人工智能以 Newell 和 Simon 提出的物理符号系统假设为基础。物理符号系统假设认为物理符号系统是智能行为充分和必要的条件。该系统由一组符号实体组成,可在符号结构的实体中作为组分出现,可以进行建立、修改、复制、删除等操作,以生成其他符号结构。

问题求解是传统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,在应用场合遇到这类问题时便会自动找出正确的解决策略。推理是人的思维的一个重要方面,主要有归纳推理、演绎推理和模糊推理三种形式。传统人工智能中推理的研究就是要模拟这三种推理形式,以解决一些实际问题。

由于知识获取和表示是复杂而艰巨的任务,符号运算限制了传统人工智能理论的应用领域,更多的研究开始转向模仿产生自然智能的生物机制,从而也弥补了符号机制的缺点。

1.1.3 计算智能

20 世纪 80 年代在传统人工智能理论发展出现停顿而人工神经网络理论出现新的突破时,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。1994 年,IEEE 在美国佛罗里达州举行了关于模糊系统、神经网络和进化计算的首届计算智能世界大会,进行了“计算智能:模仿生命”的主题讨论会,与会人士取得了关于计算智能的共识。由于计算智能与生命科学、系统科学密切联系的突出特点,使其继人工智能之后,不仅吸引计算机科学家,而且众多其他学科的学者也投身于这一领域,极大促进了它的发展。

计算智能以生物进化的观点认识和模拟智能,以数据为基础,通过训练建立联系而进行问题求解。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。在用进废退、优胜劣汰的过程中,适应度高的结构被保存下来,智能水平也随之提高。

计算智能以连接主义的思想为主,并与模糊数学和迭代函数系统等数学方法相交叉,形成了众多的发展方向。它的主要方法有模糊逻辑、神经网络、遗传算法、遗传程序、演化程序、人工免疫系统、人工生命、生态计算、DNA 软计算、局部搜索、模拟退火、多 Agent 系统等。这些方法具有一些共同的要素,即自适应的结构、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、控制过程的参数等。计算智能的这些方法具有自学习、自组织、自适应的特征,以及简单、通用、鲁棒性强、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。

1.1.4 其他智能理论

计算智能与分布式人工智能是密不可分的。人们在研究人类智能行为中发现,大部分人类活动都涉及多个人构成的社会团体,大型复杂问题的求解需要多个专业人员或组织协作完成。尤其是随着计算机网络、计算机通信和并发程序设计的发展,分布式人工智