

软计算方法

及其军事应用

耿振余 等编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

[illegible]

软计算方法及其军事应用

耿振余 陈治湘 黄路炜 李德龙 编 著
刘思彤 周宏升 王立华

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

随着信息技术在军事上的不断应用,军事系统的复杂性越来越高,传统的数学方法已经不适应这类问题的求解,远远不能满足军事复杂系统研究的需要,软计算方法作为处理不确定、不精确和部分真实性系统的有效方法,越来越得到军事人员的重视。软计算方法依据其强大的对不确定、不完整信息系统的处理能力,在解决军事复杂系统的建模、优化、求解中起到不可替代的作用,并能为军事人员提供多个满意的解决方案。

目前,软计算方法已作为军事运筹学研究生的重要课程,也越来越得到军校学员的喜爱,它是完成各项课题研究的有力工具。本书就研究军事复杂问题常用的软计算方法,重点针对军事研究人员、军校硕士以上学历学员,从它的理论基础(概念、原理、步骤)和在军事上的应用(应用领域、步骤和示例)两个方面进行介绍,使大家在学习理认方法的同时,通过应用步骤和应用示例介绍,能够对具体军事领域的应用有个清楚的认识,能够更好地掌握软计算技术并能够很好地应用于具体的研究中去。

图书在版编目(CIP)数据

软计算方法及其军事应用/耿振余等编著. —北京:国防工业出版社, 2015.12

ISBN 978-7-118-10562-9

I. ①软… II. ①耿… III. ①计算方法—应用—军事
IV. ①E0-059

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 313400 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 16 $\frac{1}{4}$ 字数 320 千字

2015 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 80.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010) 88540777

发行邮购:(010) 88540776

发行传真:(010) 88540755

发行业务:(010) 88540717

序

耿振余和他的同事们最近完成了《软计算方法及其军事应用》一书，我有幸先睹为快。耿振余同志自攻读硕士研究生以来一直从事军事运筹和软计算方面的研究，经过多年的理论研究和实践应用，他的学术水平有了长足的进步。我和耿振余博士接触有三年多的时间，他勤奋好学、刻苦专研的态度给我留下了深刻印象。他能将部队经验和所学的理论知识结合起来，取得了很多有价值的研究成果。

软计算方法作为处理不确定、不精确和部分真实性系统的有效方法，越来越得到人们的重视。目前，软计算方法已成为军事运筹学研究生的重要课程，越来越得到军校学员的喜爱，已成为各项课题研究的有力工具，在解决军事复杂系统的建模、优化、求解中起到了不可替代的作用。

本书主要围绕研究军事复杂问题常用的软计算方法，重点针对军事研究人员、军校研究生学员的研究和学习内容，对软计算方法的理论基础和军事应用进行了系统介绍。我相信阅读本书会对解决军事复杂问题提供很大的帮助。

本书是耿振余博士及其同事们根据长期实践，以及对软计算方法研究的阶段性认识，而做出的一个阶段性总结。目前，系统性介绍软计算方法的书籍并不多，特别是针对军事领域的书籍更是少之又少。我相信，本书的出版，能够大大促进软计算方法在军事领域的应用研究和发展，为军事复杂问题的解决提供有力的支持。

毕义明
2015年8月

前 言

随着信息技术在军事上的不断应用,军事系统的复杂性越来越高,逐渐由以武器平台为中心向以网络为中心的体系转变,系统的涌现性、非线性、不确定性和自适应性等特点明显增强,给军事系统的研究带来了巨大的挑战。如今已无法再用结构化的方法去描述和刻画军事系统,传统的数学方法已经不适应这类问题的求解。因此,探寻适合大规模并行计算且具有智能特征的求解方法成为相关学科的研究热点和方向。软计算方法在军事训练、作战指挥、战场侦察、电子对抗、后勤管理、武器装备的自动控制及新式武器装备的研制等方面有着广阔的应用空间。

20 世纪末,以不确定性、非线性、时间不可逆性为内涵,以复杂的问题为对象的科学新范式得到学术界的普遍认同。人们从不同的角度出发对生物系统及其行为特征进行了模拟,产生了一些对现代科技发展具有重大影响的新兴学科,开发出了具有较强通用性的计算、优化模式和方法——软计算方法。

软计算方法作为处理不确定、不精确和部分真实性系统的有效方法,越来越受到军事人员的重视。软计算方法以强大的对不确定、不完整信息的处理能力,在解决军事复杂系统的建模、优化、求解中起到了不可替代的作用。

软计算的概念始于 20 世纪 90 年代初,由模糊逻辑的奠基者 A. Zadeh 在其模糊逻辑理论的基础上创造性地提出,是一个逐渐扩展的方法学联合体。这些方法学都以处理不精确性和不确定性以及部分正确性等问题作为对象,旨在以必要的鲁棒性、可处理性以及低费用实现问题求解。本书主要介绍军事系统研究中比较常用的软计算方法,包括:遗传算法、免疫算法、蚁群算法、微粒群算法、神经网络、模拟退火、模糊集、粗糙集理论和贝叶斯网络,其中前 5 种属于“人工生命”的范畴。遗传算法和免疫算法属于模拟生物进化机理的方法;而蚁群算法和微粒群算法属于群智能算法,是模拟群体智能行为的方法;神经网络是从人脑的生理结构出发研究人的智能行为;模拟退火算法来源于统计物理学中对固体退火过程的模拟;模糊集和粗糙集理论是经典集合论的推广;贝叶斯网络是概率论和图论相结合的产物。

本书的读者对象为军事研究人员、军校硕士以上学历的学员。希望本书能够为军事研究人员和研究生学员对软计算方法的了解和掌握,使其花费较少的时间和精力尽快掌握软计算方法及其应用方法。本书将军事系统研究中主要的软计算方法进行主要介绍,从它的理论基础(概念、原理、步骤)和在军事上的应用(应用领域、步骤和示例)两个方面入手,对 9 种软计算方法进行系统阐述。使读者在学习理论方法的同时,通过应用步骤和应用示例介绍,能够对具体军事领域的

应用有深入的了解，能够更好地掌握软计算技术并能够很好地将其应用于具体的研究中。

第 1 章介绍了硬计算和软计算的基本概念，软计算的内涵和及其主要特征，简要介绍了常见的 9 种软计算方法，软计算方法的军事应用特点和领域。后续各个章节都分别按照基本思想、概念、特点、方法步骤、算法实现、军事应用领域、应用步骤、应用示例的框架展开。第 2 章到第 10 章分别介绍了遗传算法、免疫算法、神经网络算法、蚁群算法、微粒群算法、模拟退火、模糊集、粗糙集理论和贝叶斯网络的方法及其军事应用。

其中，耿振余负责第 1、2、3、9 章的撰写，黄路炜负责第 4、5、8、10 章的撰写，陈治湘、李德龙负责第 6、7 章的撰写。全书由耿振余统稿，由刘思彤、王立华、周宏升校稿。

本书在撰写过程中得到了许多同行和专家的鼓励和帮助，军事运筹学专家毕义明教授在百忙之中为本书作序，给予了作者极大的鼓舞。本书还引用了不少文献，从中汲取了丰富的营养，在此一并表示感谢！

本书的出版得到了相关军内科研课题立项的支持！在此一并表示感谢！

由于软计算是一个开放性的、正在蓬勃发展的学科，而且该学科的分支较多，加之作者理论基础和专业知识有限，书中疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作者

2015 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 软计算与硬计算	2
1.1.1 硬计算	2
1.1.2 软计算	2
1.2 软计算的内涵及主要特征	2
1.3 常用的软件计算方法	5
1.3.1 遗传算法	5
1.3.2 免疫算法	6
1.3.3 神经网络算法	7
1.3.4 蚁群算法	8
1.3.5 微粒群算法	9
1.3.6 模拟退火算法	10
1.3.7 模糊集	10
1.3.8 粗糙集	11
1.3.9 贝叶斯网络	12
1.4 软计算方法的军事应用	13
第 2 章 遗传算法	16
2.1 遗传算法的基本思想	16
2.2 遗传算法的基本概念	17
2.3 遗传算法的优点	18
2.4 遗传算法的操作步骤	19
2.5 遗传算法的实现	20
2.5.1 编码和解码	20
2.5.2 种群规模	22
2.5.3 种群初始化	22
2.5.4 适应度函数	23
2.5.5 选择算子	24
2.5.6 交叉算子	26

2.5.7	变异算子	28
2.5.8	算法终止条件	28
2.6	遗传算法的改进	29
2.6.1	基本遗传算法的缺点	29
2.6.2	常见的遗传改进算法	29
2.7	遗传算法的军事应用	33
2.7.1	遗传算法在军事上的应用	33
2.7.2	遗传算法的应用步骤	34
2.7.3	遗传算法在作战部署中的应用实例	35
2.7.4	遗传算法在火力分配中的应用示例	42
第3章	免疫算法	46
3.1	免疫算法的基本思想	46
3.2	免疫算法的常用术语及参数	47
3.3	免疫算法的仿生机理	48
3.3.1	免疫识别	49
3.3.2	免疫学习	49
3.3.3	免疫记忆	49
3.3.4	克隆选择	50
3.3.5	免疫网络	50
3.3.6	免疫调节	51
3.3.7	免疫反馈	51
3.3.8	免疫代谢	51
3.3.9	免疫耐受	52
3.4	人工免疫算法	52
3.4.1	一般免疫算法	52
3.4.2	克隆选择算法	55
3.4.3	阴性选择算法	57
3.4.4	免疫网络算法	58
3.5	一般免疫算法的实现	60
3.5.1	抗体编码	60
3.5.2	抗体抗原的亲合度计算	60
3.5.3	接种疫苗	61
3.5.4	克隆选择	61
3.5.5	抗体抑制和促进	62
3.6	免疫算法的军事应用	62
3.6.1	免疫算法在军事上的应用	62

3.6.2	一般免疫算法的应用步骤	63
3.6.3	免疫算法在决策优化中的应用示例	64
3.6.4	免疫遗传算法在路经规划中的应用	67
第4章	神经网络算法	73
4.1	神经网络的基本思想	73
4.2	神经网络的基本概念	74
4.2.1	神经元模型	74
4.2.2	神经网络模型	77
4.2.3	神经网络的学习方法	78
4.3	神经网络的具体实现	81
4.3.1	多层前向神经网络	81
4.3.2	Hopfield 神经网络	83
4.3.3	自组织神经网络	86
4.4	神经网络的军事应用	91
4.4.1	神经网络在军事上的应用	91
4.4.2	神经网络的具体应用步骤	92
4.4.3	神经网络在作战辅助决策中的应用	92
4.4.4	神经网络在训练成绩评判中的应用	97
第5章	蚁群算法	102
5.1	蚁群算法的基本思想	102
5.2	蚁群算法的基本概念	105
5.2.1	蚁群算法的数学描述	105
5.2.2	蚁群算法的收敛性分析	106
5.3	蚁群算法的操作步骤	110
5.4	蚁群算法的具体实现	111
5.4.1	离散域蚁群寻优算法	111
5.4.2	连续域蚁群寻优算法	113
5.5	蚁群算法的军事应用	118
5.5.1	蚁群算法在军事上的应用	118
5.5.2	在后勤运输路径选择中的应用	119
5.5.3	在武器火力优化分配中的应用	120
5.5.4	与遗传算法在军事领域的融合应用	122
第6章	微粒群算法	131
6.1	微粒群算法的相关概念	132

6.1.1	微粒群算法的起源	132
6.1.2	微粒群算法的基本原理	133
6.1.3	基于微粒群算法的多目标优化	135
6.1.4	微粒群算法的设计步骤	136
6.2	微粒群算法的行为和拓扑分析	139
6.2.1	基于离散时间线理论的分析	139
6.2.2	代数分析	141
6.2.3	拓扑结构分析	145
6.3	微粒群算法的军事应用	146
6.3.1	微粒群算法在军事上的应用	146
6.3.2	微粒群算法的应用步骤	147
6.3.3	车辆路径问题微粒群解法	147
6.3.4	军事车辆路径问题	149
第 7 章	模拟退火	152
7.1	物理退火过程	152
7.2	模拟退火算法	153
7.2.1	Metropolis 准则	153
7.2.2	模拟退火算法模型	154
7.2.3	影响模拟退火算法的主要因素	156
7.2.4	模拟退火算法收敛性证明	156
7.3	模拟退火算法设计	157
7.3.1	初始温度	157
7.3.2	终止温度	158
7.3.3	MarKov 链长	158
7.3.4	冷却进度表	159
7.4	军事上的应用	159
7.4.1	雷达网部署优化问题	159
7.4.2	任务调度问题	162
第 8 章	模糊集	165
8.1	模糊集的基本思想	165
8.2	模糊集的基本概念	166
8.2.1	模糊集和隶属函数	166
8.2.2	模糊集表示方法	166
8.2.3	隶属函数的确定方法	166
8.3	模糊集的具体应用步骤	168

8.3.1	模糊综合评判模型建立	170
8.3.2	因素重要程度系数确定	172
8.4	模糊集的军事应用	173
8.4.1	模糊集在军事领域的应用	173
8.4.2	模糊集的军事应用步骤	173
8.4.3	在武器装备采办风险评估中的应用示例	174
8.4.4	在装备管理经济效益评价中的应用示例	179
8.4.5	在军事领域与其他算法的融合应用示例	183
第9章	粗糙集理论	190
9.1	粗糙集提出的背景	190
9.2	粗糙集的理论研究	191
9.3	粗糙集的特点	193
9.4	粗糙集所能处理的问题	194
9.5	粗糙集与模糊集的区别	194
9.6	粗糙集的相关概念	195
9.6.1	粗糙集的概念	195
9.6.2	知识约简	199
9.6.3	决策规则	203
9.6.4	可变精度粗糙集模型	205
9.7	粗糙集理论的军事应用	206
9.7.1	粗糙集理论在军事上的应用领域	206
9.7.2	粗糙集理论的应用步骤	207
9.7.3	粗糙集理论在目标识别中的应用示例	208
9.7.4	粗糙集理论在加权指标评估中的应用	210
第10章	贝叶斯网络	212
10.1	贝叶斯网络的提出背景	212
10.2	贝叶斯网络的基本思想	213
10.3	贝叶斯网络的基本概念	213
10.3.1	贝叶斯网络的理论基础	213
10.3.2	贝叶斯网络的基本定义	214
10.4	贝叶斯网络方法的优点	215
10.5	贝叶斯网络的构建	216
10.5.1	贝叶斯网络的构建方法	216
10.5.2	贝叶斯网络学习	217
10.5.3	贝叶斯网络的构建步骤	219

10.6 贝叶斯网络的推理模式 219

10.7 贝叶斯网络的军事应用 222

10.7.1 贝叶斯网络在军事上的应用 222

10.7.2 在空战态势评估中的应用 223

10.7.3 在军事威慑信息传递机制分析中的应用 228

参考文献 242

第1章 绪 论

当前,信息技术已成为主导全球经济发展格局、促进军事技术变革、推动社会发展进步的重要因素。随着信息技术和计算机智能化的发展而产生了一种新的计算模式——软计算(Soft Computing),它是现实世界中不确定和非精确信息进行处理的有效方法,它突破了传统的问题求解思维的束缚,为人工智能学科发展开辟了新的发展思路。软计算方法是几种实用计算机技术的总称,它是多个学科相互交叉和渗透的结果,得益于模糊数学、人工智能、自动控制、生物计算等诸多学科,成为处理和解决众多复杂问题的重要思路。

软计算方法是在20世纪80年代经典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迅速成为研究主流的。20世纪90年代后,神经网络在人工智能的研究中逐渐占据主导地位,同时模糊逻辑理论及其应用的研究也取得了重大进展。模糊逻辑突破了传统逻辑的思维模式,对深刻研究人类的认知能力发挥了重要的作用,特别是它与专家系统、神经网络以及控制理论的结合。同时,在自然选择和进化理论基础上发展起来的遗传算法理论在优化计算等方面也有其特定的优势,成为了人工智能研究的一个新方向。这些方法从表面上看各不相同,但实际上它们互相可以起到交叉组合、取长补短、互为补充和相互促进的作用。

软计算的概念是于20世纪90年代初,由模糊逻辑的奠基者L.A.Zadeh在其模糊逻辑理论的基础上创造性地提出,并获得了引人注目的发展,而且成为一个逐渐扩展的方法学联合体。这些方法学都以处理不精确性和不确定性以及部分正确性等问题作为对象,旨在以必要的鲁棒性、可处理性以及低费用实现问题求解。软计算以现实的不确定性来表示人类思想的二义性,为各种各样类似的方法提供了实现的机会。因此人们在采用软计算所涉及的模糊逻辑、神经网络和概率推理的同时,又纷纷提出进化计算、混沌计算等其他方法学,并且把它们归入软计算的范畴,使软计算成为范围更加广阔,应用更加有效的方法学联合体,正引领着工程和科学领域的再一次突破。它能够解决传统方法所不能解决的问题(可解性)。软计算集合中的各种方法的功能是互为补充而不是相互竞争,为此,通常是将集合中的方法联合起来使用而不是互相排斥使用。

事实上,人们通过对自然界存在的大量不确定性系统或高度非线性复杂系统的研究发现,过分地追求精确性是不现实的,甚至是不可靠的。应当承认在对客观世界的认识中存在着一定的模糊性,并采取适当的方法来处理这种模糊性,使其相对地“明确化”。知识有两种类型,一种是确定和精确的,这要求运用严格的

分析和推理的方法来获取，并对它们进行确定和精确的存储。但还有一种类型，它本身具有不确定和不精确的特性，因此对它的获取和记忆，也要运用不确定和不精确的方法。可以认为，对这类知识的获取，软计算是可行和有效的方法。特别是软计算对求解复杂自适应系统（Complex Adaptive System, CAS）问题极有意义。

1.1 软计算与硬计算

1.1.1 硬计算

传统的计算方法即所谓的硬计算（Bard Computing）。硬计算作为解决工程问题的传统方法由来已久，它以纯数学、二元逻辑、链性系统和数值分析为基础，使用精确、固定和不变的算法来表达和解决问题，能产生精确解；所以控制行动是精确的，适合数学建模；它能经过严格的数学证明，精确性和清晰化是其主要的特征，其稳定性可充分预测，善于处理结构性问题。显然，硬计算所能解决问题必须满足待求解问题是数学化的，这一充分必要条件。遗憾的是，大部分现实问题都具有不精确性、不确定性的本质属性，以至于它们很难被数学建模，因此，应用硬计算原理解决复杂现实问题并非总是可行的。

1.1.2 软计算

所谓软计算是相对于硬计算而言的。是借用现代计算工具和自然界（生物界）规律的启迪，根据其原理，模仿设计求解问题（或处理信息）的理论方法。是指对所研究对象不以追求精确解为目标，而是允许存在不精确性、不确定性和部分真实性，从而得到易于处理、鲁棒性强和成本较低的解决方案，它不是一种单一的方法，而是由若干种计算方法构成。如模糊逻辑（Fuzzy Logic, FL）、神经网络（Neural Network, NN）、遗传算法（Genetic Alogrithm, GA）等，它们结合起来比单独使用效果更好。其精确性与可驾驭性、鲁棒性、易实现性、解的低成本之间进行了折中选择。

1.2 软计算的内涵及主要特征

软计算方法拓展了传统的计算模式，与传统数学方法相比，软计算方法在进行问题求解时，其最大特点是不需要建立关于问题本身的精确数学或逻辑模型，一般也不依赖于知识表示（模糊逻辑推理除外），而是在信号或数据层直接对输入信息进行处理。非常适合于处理那些难以建立形式化模型、使用传统技术难以有效求解甚至根本不能解决的问题（非结构性问题）。因此，软计算方法为各种问题尤其是复杂问题的求解提供了一种新颖的途径，显示出强大的生命力和广阔的发

展前景。

软计算区别于硬计算,软计算允许数据存在不精确性、不确定性和部分真实性。软计算方法的有效性是通过理论分析来证明,有的方法的有效性目前还不能证明是可行的,但与其他方法比较他解决实际问题很有效。另外软计算还有善于处理非结构性问题的特点。软计算方法与硬计算方法相比具有以下优越性:①具有一般性、易于应用;②求解速度快、易于获得满意的结果;③具有分布、并行的特点;④具有自组织、自适应和自学习的特性和能力;⑤具有柔性和鲁棒性。正因为如此,软计算方法受到了世界各国学者和研究人员的普遍关注,得到了迅速发展。

软计算的精髓在于用语言代替数的表达,通过不精确性和不确定性计算来解决硬计算难以处理的复杂问题。例如,不确定环境下的任务规划、决策分析、粗糙集分析和人工神经网络等都是从不同视角尝试在信息不全、精确度不足的前提下,依据现有的数据集进行搜索,试图探索出合理的解空间。因此,要深入理解软计算精髓,必须明确下面两组概念:不确定性和确定性、精确性和模糊性。

(1) 不确定性和确定性。任何不确定性都是相对于确定性而言的。从数学的观点出发,任何量都可以分为确定性的量和不确定性的量。对“确定的”概念加以“限制”后的“非确定的”概念,经典集合论所作的描述是“非此即彼”:任意一个对象,要么属于某个给定的集合,要么不属于这个集合,二者必居其一。这是数学上排中律的集中体现。至于“不确定性”本身,经典数学则很难给出一个准确的描述。数学上的不确定性包括随机性、模糊性、粗糙性、灰色等,它们分别由概率统计、模糊数学、粗糙集理论、灰色理论等不确定性数学加以处理。随机性是指有明确定义但不一定出现事件中包含的不确定性。模糊性是指已经出现但难以给出明确定义的事件中包含的不确定性。粗糙性(不可分辨性)是指不能清晰定义的一类集合,原因是对其缺乏足够的论域知识,但可用一对清晰集合(上、下近似集)逼近而加以描述。灰色是指在可观世界中,大量存在的不是白色系统(信息完全明确),也不是黑色系统(信息完全不明确)中间存在的空白区域,即指信息部分清楚、部分不清楚并带有不确定性的现象。

不确定性数学和确定性数学的产生和发展都是严格符合人类认知的客观规律的。从哲学角度来讲,任何确定性和不确定性都不是绝对的,在条件发生改变时,确定性也可能转化为不确定性,也就是说确定性和不确定性两者之间是相互依存、相互转化的,确定性中包含不确定性,不确定性中也同样包含着确定性。

(2) 精确性和模糊性。精确性和模糊性是数学和逻辑性中的一对矛盾,也是软计算在构造算法中必须面对的现实问题。软计算往往获得的解是不精确的、模糊的,甚至是在一个给定的范围内的次优解。而用硬计算的方法则很难获得解。原因在于经典数学理论以追求精确性知识为其最高目标。然而,对于现实世界弥漫的不精确性而言,传统计算机硬计算的概念结构过于精确了。古典逻辑也是非常精确的,但是人的逻辑并非如此。20 世纪中叶,Zadeh 将经典集合论拓展为模

模糊集合论，推广了传统逻辑的肯定前件（the Modus Ponens），引进了语言变量、模糊“若-则”规则和模糊图等，从而奠定了模糊逻辑作为一种近似推理逻辑的基础。模糊逻辑就是试图仿效人的近似推理为真实生活推理建立模型。其中，由于模糊性是可观存在的，模糊逻辑则不是抽象的思维，而是建立自精确的数学公式基础上的具体思维。系统的复杂性越高，精确化能力就越低，也就意味着模糊性越强。在此，需要指出的是随机性和模糊性是两种不同的不确定性。随机性属于偶然性领域，与必然性相对，根源于事物的因果关系不确定；模糊性属于模糊领域，与精确性相对，它是事物的一种客观属性，是事物的差异之间存在着中间过渡的结果。

传统人工智能技术发展开始于 20 世纪 50 年代，是以知识库（专家规则库）为基础，以问题求解为核心问题（谓词逻辑是人工智能的核心），以顺序离散符号形式表达和推理为特征，利用专家知识库进行符号推理操作，来模拟人对问题求解、推理、学习等方面的能力。这基于一种假设，即人的智能存储在符号化的知识库中。但是符号化知识的获得和表达限制了人工智能的应用（即符号主义的缺点），在现实世界应用的意义上，不是建立可称之为智能系统的合适工具。一般地，软计算不进行太多的符号操作，它是以数字形式表达、数据处理、算法（数学模型）构造和参数控制为基础，以分布、并行计算、自组织、自学习、自适应为特征，以结构模拟与演化过程为手段。因此，软计算区别于传统人工智能，但从某种意义上说，软计算是传统人工智能的补充。传统人工智能加上软计算就可称为智能计算，或计算智能。

软计算作为一种创建计算智能系统的新颖方法，正在引起人们的关注。目前人们已经认识到，复杂的实际问题需要智能系统对各种不同来源的知识、技术和方法进行组合。人们期望这些智能系统在特定领域拥有像人类一样的专门知识，在变化的环境中能够调节自身将学习做得更好，并对怎样做出决策和采取行动进行解释。在解决实际计算问题时，协同地而不是互斥地采用几种计算技术通常具有优越性，可以进一步增强解决问题的能力。如神经网络和遗传算法，它们各有自己的优点和长处，尽管它们都是对生物学原理的模拟，但是遗传算法是基于生物的进化机制，主要贡献是作为搜索和优化算法，而神经网络则是对人脑的典型特征的表现，它的主要贡献是学习和曲线拟合。将这些方法紧密集成就形成了软计算的核心。

近些年，由于各国科研工作者的不懈努力，软计算获得了飞速发展，已经成功地应用于许多复杂的、非线性系统的问题求解中。软计算方法提供了一种求解复杂问题的通用框架，它不依赖于问题的具体领域，对问题的种类有很强的鲁棒性，所以广泛应用于各种类型的问题。如在系统控制、机器人、模式识别、决策优化和医疗诊断等领域，都不乏软计算成功应用的例子。由于未来要研究的问题大都是非结构性问题，软计算方法势必将发挥越来越重要的作用。

1.3 常用的软件计算方法

软计算包含的内容非常丰富,本书对其中常用和重要的方法进行介绍。

这些软计算方法包括:遗传算法、免疫算法、神经网络算法、蚁群算法、微粒群算法、模拟退火算法、模糊集、粗糙集算法和贝叶斯网络算法。它们各不相同,但在软计算目标层次上又高度一致,它们相互的集成对不确定环境下复杂问题(决策、控制等)的分析与预测提供了有力支持。其中遗传算法和免疫算法属于模拟生物进化机理的方法;蚁群算法和微粒群算法属于群智能算法,模拟群体智能行为的方法;神经网络算法是从人脑的生理结构出发研究人的智能行为;模拟退火算法来源于统计物理学中对固体退火过程的模拟;粗糙集理论是经典集合论的推广。

1.3.1 遗传算法

我们知道,生命的基本特征包括生长、繁殖、新陈代谢和遗传与变异。生命是进化的产物,现代的生物是在长期进化过程中发展起来的。达尔文(1858年)用自然选择来解释物种的起源和生物的进化,其自然选择学说包括以下三个方面:

(1) **遗传**是生物的普遍特征,“种瓜得瓜,种豆得豆”,父代把生物信息交给子代,子代按照所得信息而发育、分化,因而子代总是和父代具有相同或相似的性状。生物有了这个特征,物种才能稳定存在。

(2) 父代和子代之间以及子代的不同个体之间总有些差异,这种现象称为**变异**。变异是随机发生的,变异的选择和积累是生命多样性的根源。

(3) **适者生存**自然选择来自繁殖过剩和生存斗争。生存斗争通过弱肉强食的过程不断地进行,其结果是适者生存,具有适应性变异的个体被保留下来,不具有适应性变异的个体被淘汰,通过一代代的生存环境的选择作用,物种变异向着一个方向积累,于是性状逐渐和原先的祖先种不同,演变为新的物种。这种自然选择过程是一个长期的、缓慢的、连续的过程。

遗传算法是一种模拟生物进化的学习方法,“适者生存,优胜劣汰”。它萌生于20世纪60年代,由美国Michigan大学的J. Holland教授提出。他被认为是遗传算法之父,至今也是遗传算法发展史上最具代表性的人物之一;1962年他发表了关于适应系统理论方面的系列文章,开始使用群体方法搜索以及选择(Selection)、变异(Mutation)等遗传操作;1967年J. D. Bagley在其博士论文中发表了遗传算法在博弈应用方面的文章;1972年,Holland提出了重要的模式定理,这是遗传算法重要的数学理论基础之一;1973年,Holland出版了经典著作《Adaption in Nature and Artificial Systems》,详细阐述了遗传算法的理论,使其具备严格的数学基础,发展了一整套模拟生物自适应系统的理论;1983年,Goldberg