

计 算 智 能

人工神经网络·模糊系统·进化计算

周春光 梁艳春 编著

吉林大学出版社

内容简介

计算智能是当今国际上迅速发展的前沿交叉学科,它模拟人的智能行为来解决不确定、非线性、复杂的各类问题,具有非常广阔的应用前景。本书对计算智能所涉足的人工神经网络、模糊系统和进化计算的基本理论、结构、模型和算法进行了综合论述,并分析了他们的特性、共性、使用范围和三者相互融合的方法。本书选材精练,论述简明,介绍了许多应用实例,便于读者了解和掌握各种模型算法的应用对象、应用方法和应用效果。

本书可作为计算机、电子、自动化等专业的高年级本科生或研究生的教材或教学参考书,也可以供有关科技工作者和工程技术人员作为科技参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算智能:人工神经网络模糊系统进化计算/周春光,梁艳春编著.-长春:吉林大学出版社,2001,11

ISBN 7-5601-2640-5

I.计... II.①周...②梁... III.人工神经网络-模糊系统 IV.TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 085323 号

计算智能

周春光 梁艳春 编著

责任编辑、责任校对:唐万新

封面设计:孙 群

吉林大学出版社出版
(长春市明德路 421 号)

吉林大学出版社发行
长春市信达彩印厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16

2005 年 7 月第 2 版

印张:19.25

2005 年 7 月第 1 次印刷

字数:478 千字

ISBN 7-5601-2640-5/TP·115

定价:32.00 元

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

前 言

近年来,一些新的研究领域如神经网络、模糊系统和进化计算等,由于它们都是模拟人类的智能行为或进化过程而发展起来的,并且具有高度并行化与智能化等特征,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新的方法和途径,因而能够得以迅速发展并成为人们的研究热点之一。

1992年,美国学者 James C. Bezdek 在论文《计算智能》中讨论了神经网络、模式识别与智能之间的关系,并将智能分为生物智能、人工智能和计算智能三个层次。Bob Marks 于1993年提出的理论将神经网络、遗传算法、模糊系统、进化规划和人工生命统称为计算智能。Lotfi Zadeh 则认为传统的硬件计算是强调人工智能的计算模式,而计算智能的基础是软件计算,即模糊逻辑、神经网络和进化计算。他认为 CI 和 AI 的本质区别在于使用的推理类型不同, AI 使用的是易脆逻辑,而 CI 使用的是模糊逻辑和规则。David Fogel 在1995年发表的评论中指出智能就是对环境的适应能力。但他认为计算智能高于人工智能,计算智能包含人工智能。

本书认为计算智能所涉及的研究领域主要包括以下三方面:

(1)人工神经网络(Artificial Neural Network,简称 ANN),是根据人脑的生理结构和信息处理过程,来创造人工神经网络,从而模仿人的智能。

(2)模糊系统(Fuzzy System,简称 FS),试图描述和处理人的语言和思维中存在的模糊性概念,其目的也是模仿人的智能。

(3)进化计算(Evolution Computing,简称 EC),是一种模仿生物进化过程的优化方法,也属于模仿人的智能的范畴。

可见,模仿人的智能是它们共同的奋斗目标和合作的基础。将三者统称为计算智能,因为三者实际上都是计算方法。

本书是作者在近八年来为研究生讲授神经网络、模糊系统和进化计算课程的讲稿基础上,结合作者、同事及研究生们共同的科学研究成果,并从国内外文献资料中提取最主要的理论及应用成果,加以系统组织,着重讲清基本概念、原理、模型和算法,同时介绍了一些应用实例以便读者能够熟练掌握应用方法。

全书分为四篇十五章。序篇的第一章介绍了计算智能的概念和其所涉足的研究领域及其相互之间的关系。第一篇人工神经网络中的二、三、四和五章分别讲述了人工神经网络的基本模型、前馈型神经网络、反馈型神经网络和自组织竞争神经

网络模型、结构、算法及其应用实例。第二篇的模糊系统中的六、七和八章分别讲述了模糊数学基础、模糊控制理论和模糊神经网络与神经模糊系统部分。第三篇进化计算中的九、十、十一、十二、十三、十四和十五章分别讲述了遗传算法、遗传算法的数学基础、遗传算法的实现技术、遗传算法的若干改进研究、遗传算法的收敛性、用遗传算法解决组合优化问题和其他进化算法。

在完成本书的过程中,黄岚博士、李国梁博士对书中内容的选材、组织及编写提出了许多有益的意见并作了大量工作,吉林大学出版社的责任编辑吕健波、孟亚黎、唐万新老师为本书出版做了大量工作,在此向他们表示衷心的感谢!

限于作者水平,且成书仓促,书中错误和欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2001 年 11 月

序 篇

计算智能

第一章 绪 论

第一台电子计算机的问世,迄今已有半个世纪的历史.在这期间不仅计算机本身几经更新换代,其性能日益优越,而且计算机技术也广泛应用于社会生活的各个领域.可以说计算机的诞生和发展是 20 世纪科学技术最伟大的成就之一.它对推动科学、技术和社会的发展起到了难以估量的作用.

电子计算机是按冯·诺依曼(Von. Neumann)的体系结构来实现算术和逻辑运算的.现在的运算速度已可达每秒几千亿次,其结果的精确和可靠程度更是人工无法比拟的.但是,电子计算机的形象思维能力却与人脑相差甚远.在人的知觉、记忆、语言、思想与获取的心理过程中,尤其是在实时处理中,人脑这一慢速和充满噪声干扰的硬件是在进行着极其复杂的宏并行处理.人们对于十分复杂的事物可以不假思索,一目了然地予以识别,但是,即使很简单的物体让先进的电子计算机来识别却相当困难.因此,要使计算机能在交互式的自然过程中,提取简单信号,表达知识及其结构,并使其与有关知识结合起来产生智能,具有较强的形象思维能力,必须突破冯·诺依曼机的体系结构,另辟新径.

制造具有智能的计算机一直是人类的梦想.直到 1956 年人工智能技术的出现,人们为此已做出了巨大的努力.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,这些困难甚至使得某些学者对人工智能提出了强烈的批判,对人工智能的可能性提出了质疑.

基于上述原因,寻求一种适于大规模并行且具有某些智能特征如自组织、自适应、自学习等的算法已成为有关学科的一个研究目标.近年来,出现了一些新的研究方向如神经网络、模糊控制和进化计算等,由于它们都是模拟某一自然现象或过程而发展起来的,并且具有高度并行化与智能化等特征,因而引起了人们的极大兴趣.这些新方法通过“拟物”与“仿生”以使问题得到解决,它们也许能为解决某些复杂问题提供新的契机.至此,计算智能应运而生.

§ 1.1 关于计算智能

1.1.1 什么是计算智能

计算智能(Computational Intelligence,简称 CI)并不是一个新的术语,早在 1988 年加拿大的一种刊物便以 CI 为名.1992 年,美国学者 James C. Bezdek 在论文《计算智能》中讨论了神经网络、模式识别与智能之间的关系,并将智能分为生物智能、人工智能和计算智能三个层次.1993 年,Bob Marks 写了一篇关于计算智能和人工智能区别的文章,并在文中给出了对 CI 的理解.1994 年的国际计算智能会议(WCCCI)的命名就部分地源于 Bob 的文章,这次 IEEE 会议将国际神经网络学会(INNC)发起的神经网络(ICNN)、模糊系统(FUZZ)和进化计算(ICEC)三个年度性会议合为一体,并出版了名为《计算智能》的论文集.此后,CI 这个术语就

开始被频繁地使用,同时也出现了许多关于 CI 的解释。

1992 年, James C. Bezdek 提出, CI 是依靠生产者提供的数字、数据材料进行加工处理,而不是依赖于知识;而 AI 则必须用知识进行处理. 1994 年, James 在 Florida, Orlando, 94 IEEE WCCI 会议上再次阐述他的观点,即智能有三个层次:①生物智能(Biological Intelligence, 简称 BI),是由人脑的物理化学过程反映出来的,人脑是有机物,它是智能的基础.②人工智能(Artificial Intelligence, 简称 AI),是非生物的,人造的,常用符号来表示,AI 的来源是人类知识的精华.③计算智能(Computational Intelligence, 简称 CI),是由数学方法和计算机实现的,CI 的来源是数值计算的传感器.这三个层次从复杂程度由高至低的顺序为,BI、AI、CI,CI 与 AI 的差距要比 AI 与 BI 的差距小得多;而从所属关系来看:CI 是 AI 的一个子集,而 AI 虽不是 BI 的子集,BI 通常用来指导 AI 模型,同样也指导了 CI. AI 是 CI 到 BI 的过渡,因为 AI 中除计算方法之外,还包括符号表示及数值信息处理. James 还阐述了模糊系统(Fuzzy System, 简称 FS)特别适合从 CI 到 AI 的平滑过渡。

Bob Marks 于 1993 年提出的理论是神经网络、遗传算法、模糊系统、进化规划和人工生命,统称为计算智能.他的这一定义得到许多学者的认同,包括 IEEE 的领导们,其中 NNC 的主席 Walter Karplus 在 1996 年的 ADCOM 会议上重述了这种观点,认为 CI 着重研究的是系统的工作方式,而不是高强度计算。

Lotfi Zadeh 则认为传统的硬件计算是强调人工智能的计算模式,而计算智能的基础是软件计算,即模糊逻辑、神经网络和进化计算.他认为 CI 和 AI 的本质区别在于使用的推理类型不同,AI 使用的是易脆逻辑,而 CI 使用的是模糊逻辑和规则。

David Fogel 在 1995 年发表的评论中指出智能就是对环境的适应能力.但他认为 CI 高于 AI,CI 包含 AI.

Eberhart, Dobbins 和 Simpson 关于 CI 的理解是,将智能系统置于一个环境中,智能行为的标准是改变或作用于环境的能力.而 CI 只是智能系统的一个内部节点,适应性只是 CI 的衡量指标. CI 是一种方法论,是通过计算实现适应和处理新形势的能力,具有推理的属性,能得到预测或决定的结果。

另外,也有些人认为 CI 和 AI 仅有部分重合.他们认为,AI 是符号主义,基于知识、规则和推理,相当于人的左脑;而 CI 属于连接主义,基于数据、学习和记忆,相当于人的右脑。

1.1.2 计算智能所包含的领域

计算智能所涉及的研究领域主要包括以下三方面:

(1) 人工神经网络(Artificial Neural Network, 简称 ANN),是根据人脑的生理结构和信息处理过程,来创造人工神经网络,从而模仿人的智能。

(2) 模糊系统(Fuzzy System, 简称 FS),试图描述和处理人的语言和思维中存在的模糊性概念,其目的也是模仿人的智能。

(3) 进化计算(Evolution Computing, 简称 EC),是一种模仿生物进化过程的优化方法,也属于模仿人的智能的范畴。

可见,模仿人的智能是它们共同的奋斗目标和合作的基础.将三者统称为计算智能,因为三者实际上都是计算方法。

§ 1.2 人工神经网络

1.2.1 什么是神经网络

人工神经网络是指模拟人脑神经系统的结构和功能,运用大量的处理部件,由人工方式构造的网络系统.

神经网络理论突破了传统的、串行处理的数字电子计算机的局限,是一个非线性动力学系统,并以分布式存储和并行协同处理为特色,虽然单个神经元的结构和功能极其简单有限,但是大量的神经元构成的网络系统所实现的行为却是极其丰富多彩的.

1.2.2 人工神经网络研究的历史

神经网络的研究已有 50 多年的历史,但其发展是不平衡的,它的兴衰还与“人工智能走什么路”这一争议问题有关.由于其结构的复杂性,起始阶段进展不快,并一度陷入低谷,但仍有不少有识之士在极其艰难的条件下坚持研究,使研究工作始终没有中断,并在模型建立等理论方面取得了突破性的成果,时至今日人工神经网络成了信息领域的热门研究课题.

1. 第一阶段——初始发展期 (20 世纪 40 年代~20 世纪 60 年代)

早在 1943 年,美国心理学家 McCulloch 和数学家 Pitts 联合提出了形式神经元的数学模型,即 M-P 模型,从此开创了神经科学理论研究的新纪元. M-P 模型能够完成有限的逻辑运算. 1944 年,心理学家 Hebb 提出了改变神经元间连接强度的 Hebb 规则,它们至今仍在各种神经网络模型中起着重要的作用. 1957 年,计算机科学家 Rosenblatt 用硬件完成了最早的神经网络模型,即感知器(Perceptron),并用来模拟生物的感知和学习能力. 1962 年,电机工程师 Windrow 和 Hoff 提出的自适应线性元件 Adaline,它是一个连续取值的线性网络,在信号处理系统中用于抵消通讯中的回波和噪声,应用十分广泛.

2. 第二阶段——低谷期 (20 世纪 60 年代末~20 世纪 70 年代末)

1969 年,人工智能之父 Minsky 和 Papert 发表的《感知器(Perceptron)》一书指出,感知器无科学价值而言,连 XOR 逻辑分类都做不到,只能作线性划分. 由于 Minsky 在学术界的地位和影响,故其后若干年内,这一研究方向处于低潮. 另一方面,传统的冯·诺依曼电子数字计算机正处在发展的全盛时期,整个学术界都陶醉在成功的喜悦之中,从而掩盖了新型计算机发展的必然.

尽管如此,在此期间仍然有不少有识之士不断努力,在极端艰难的条件下致力于这一研究,为神经网络研究的发展奠定了理论基础. Boston 大学的 Grossberg 和 Carpenter 提出了自适应共振理论 ART 网络. 芬兰的 Heisinki 大学的 Kohonen 提出了自组织映射网络. 日本的大坂大学的 Fukushima 提出了神经认知机网络模型. 日本东京大学的 Amari 对神经网络进行了数学理论的研究.

3. 第三阶段——兴盛期 (20 世纪 80 年代以后)

上世纪 70 年代末期,研究和试图模拟视听觉的人工智能专家首先遇到挫折,人们习以为常的知识难以教给计算机. 计算机的设计者和制造商也发现前面有不可逾越的线路微型化的物理极限,人们才开始思考冯·诺依曼机到底还能走多远. 同时, VLSI、脑科学、生物学、光学

的迅速发展也为人工神经网络的发展打下了基础。

1982年,加州大学的物理学家 Hopfield 提出了 Hopfield 网络模型,并用电路实现。1985年,Rumelhart 提出了 BP 算法,把学习的结果反馈到神经网络的隐层,来改变权系矩阵,它是迄今为止最普遍的网络。Hinton 等人提出了 Boltzman 机模型。1988年,蔡少堂提出了细胞神经网络模型。

近年来,神经网络理论引起了美国、欧洲与日本等国科学家和企业家的巨大热情。新的研究小组、实验室、风险公司等与日俱增,世界各国也正在组织和实施与此有关的重大研究项目。如美国 DARPA 计划、日本 HFSP 计划、法国尤里卡计划、德国欧洲防御计划和前苏联高技术发展计划等。1986年4月,美国物理学会在 Snowbirds 召开了国际神经网络学术会议。1987年6月,IEEE 在 San Diego 召开了国际神经网络学术会议,并成立了国际神经网络学会。1988年起,IEEE 和国际神经网络学会每年召开一次国际会议。1990年3月,IEEE 神经网络会刊问世。

神经网络理论的应用也已经渗透到各个领域,并在智能控制、模式识别、计算机视觉、自适应滤波、信号处理、非线性优化、语音识别、知识处理、传感技术与机器人等方面取得了令人鼓舞的进展。神经网络代表一种新的主义,即连接主义,用于解决诸如知识表达、推理学习、联想记忆、乃至复杂的社会现象,如混沌,社会演变等复杂系统的统一模型,它将预示着一个新的工业的到来。

§ 1.3 模糊系统

1.3.1 模糊系统理论的起源和发展

模糊现象是在众多现象中普遍存在的,如“天气很热,味道很怪”等。人的大脑能在信息不完整不精确的情况下做出判断与决策,即进行模糊信息处理。模糊数学是用数学方法研究和处理客观存在的模糊现象的一门新兴学科。它所研究的事物的概念本身是模糊的,即对一个对象是否符合这个概念难以确定,这种由于概念外延的模糊而造成的不确定性称为模糊性。

模糊理论诞生于1965年,美国控制论专家、加利福尼亚大学教授扎德(Zadeh L A)首先提出模糊集合的概念,发表了开创性论文《模糊集合论(Fuzzy sets)》。他提出,模糊数学的核心思想就是运用数学手段,仿效人脑思维,对复杂事物进行模糊处理。模糊数学在基础理论和实际应用等方面引起了各国学者的极大兴趣,并产生了许多有价值的应用和惊人的成果。1973年,扎德教授又提出模糊逻辑(Fuzzy Logic)的理论,并积极倡导将模糊理论向人工智能方向发展。模糊逻辑的研究虽然时间还不很长,但在智能模拟和智能控制等领域却已有了飞快的发展。1974年,印度裔英国学者马德尼(Mamdani E H)首先将模糊理论用于锅炉和蒸汽机的控制,并实验成功,开创了模糊控制的新领域。20世纪80年代后期以来,在日本采用模糊控制技术的家电产品大量上市,模糊技术在图像识别、自动控制、市场预测、人工智能等领域普遍应用,掀起了一股模糊热。日本、美国和我国都成功地研制出了智能化的模糊推理机,这表明了模糊理论的强大生命力和伟大意义。另一方面,模糊理论在学术界也得到了普遍的认同和重视。1992年,IEEE 召开了第一届关于模糊系统的国际会议(FUZZ-IEEE),并决定以后每年举行一次。1993年 IEEE 创办了专刊 IEEE Transaction on Fuzzy System。当前,模糊理论和应用正

向深度和广度进一步发展,发展的速度越来越快,研究成果大量涌现,已经成为世界各国高科技竞争的重要领域之一。

1.3.2 模糊系统的研究范畴

模糊系统基于模糊数学理论,能对复杂事物进行模糊处理.模糊数学的理论基础包括模糊逻辑、模糊规则、模糊推理、隶属度和模糊集合等.另外,以模糊数学为基础的模糊控制器和模糊神经网络的理论和设计,将在第二篇中详细讲解。

§ 1.4 进化计算

进化计算(Evolution Computing)是采用简单的编码技术来表示各种复杂的结构,并通过简单的遗传操作和优胜劣汰的自然选择来指导学习和确定搜索的方向.由于它采用种群(即一组表示)的方式组织搜索,这使得它可以同时搜索解空间内的多个区域,特别适合大规模并行计算.进化计算具有自组织、自适应、自学习的特点,并且不受其搜索空间限制性条件(如可微、单峰等)的约束,不需要其他辅助信息(如导数).这使得进化计算不仅能获得较高的效率,而且操作简单、通用性强。

1.4.1 进化计算的发展过程

进化计算在 20 世纪六七十年代并未受到普遍的重视.其主要原因,一是因为这些方法本身还不够成熟;二是由于这些方法需要较大的计算量,而当时的计算机还不够普及且速度较慢,这样便限制了它们的应用;三是当时基于符号处理的人工智能方法正处于其顶峰时期,使得人们难以认识到其他方法的有效性及其适应性.到了 20 世纪 80 年代,人工智能方法的局限性越来越突出,并且随着计算机速度的提高和并行计算机的普及,已使得进化计算对机器速度的要求不再是制约其发展的因素.进化计算的不断发展及其在一些应用领域内取得的成功,已表现出了良好的应用前景。

由于进化计算在机器学习、过程控制、经济预测、工程优化等领域取得的成功,引起了各领域科学家们的极大兴趣,自 20 世纪 80 年代中期以来,世界上许多国家都掀起了进化计算的研究热潮.目前,有数种以进化计算为主题的国际会议在世界各地定期召开,并已出版了多种有关进化计算的杂志.可以预料,随着进化计算理论研究的不断深入和应用领域的不断拓广,进化计算必将取得更大的成功。

1.4.2 进化计算的主要分支

进化计算的三大分支包括:遗传算法(Genetic Algorithm,简称 GA)、进化规划(Evolutionary Programming,简称 EP)和进化策略(Evolution Strategies,简称 ES).这三个分支在算法实现方面具有一些细微的差别,但它们具有一个共同的特点,即都是借助生物进化的思想和原理来解决实际问题。

下面我们分别就这三个分支作以简单的介绍。

1. 遗传算法

遗传算法是一类通过模拟生物界自然选择和自然遗传机制的随机化搜索算法,由美国

Holland J 教授于 1975 年首次提出,它是利用某种编码技术作用于称为染色体的二进制数串,其基本思想是模拟由这些串组成的种群的进化过程,通过有组织的、而不是随机的信息交换来重新组合那些适应性好的串.遗传算法对求解问题的本身一无所知,它所需要的仅是对算法所产生的每个染色体进行评价,并根据适应性来选择染色体,使适应性好的染色体比适应性差的染色体有更多的繁殖机会.遗传算法尤其适用于处理传统搜索方法难于解决的复杂的非线性问题,可广泛用于组合优化、机器学习、自适应控制、规划设计和人工生命等领域,是 21 世纪有关智能计算中的关键技术之一.

2. 进化策略

1964 年,由德国柏林工业大学的 Rechenberg I 等人提出.在求解流体动力学柔性弯曲管的形状优化问题时,用传统的方法很难在优化设计中描述物体形状的参数,然而利用生物变异的思想来随机地改变参数值并获得了较好的结果.随后,他们便对这种方法进行了深入的研究和发展,形成了进化计算的另一个分支——进化策略.

进化策略与遗传算法的不同之处在于:进化策略直接在解空间上进行操作,强调进化过程中从父体到后代行为的自适应性和多样性,强调进化过程中搜索步长的自适应性调节;而遗传算法是将原问题的解空间映射到位串空间之中,然后再施行遗传操作,它强调个体基因结构的变化对其适应度的影响.

进化策略主要用于求解数值优化问题.

3. 进化规划

进化规划的方法最初是由美国人 Fogel L J 等人在 20 世纪 60 年代提出的.他们在人工智能的研究中发现,智能行为要具有能预测其所处环境的状态,并按照给定的目标做出适当的响应的能力.在研究中,他们将模拟环境描述成是由有限字符集中符号组成的序列.

1.4.3 进化计算的主要特点

进化算法与传统的算法具有很多不同之处,但其最主要的特点体现在下述两个方面:

1. 智能性

进化计算的智能性包括自组织、自适应和自学习性等.应用进化计算求解问题时,在确定了编码方案、适应值函数及遗传算子以后,算法将根据“适者生存、不适应者淘汰”的策略,利用进化过程中获得的信息自行组织搜索,从而不断地向最佳解方向逼近.

自然选择消除了传统算法设计过程中的一个最大障碍:即需要事先描述问题的全部特点,并说明针对问题的不同特点算法应采取的措施.于是,利用进化计算的方法可以解决那些结构尚无人能理解的复杂问题.

2. 本质并行性

进化计算的本质并行性表现在两个方面:一是进化计算是内在并行的,即进化计算本身非常适合大规模并行.二是进化计算的内涵并行性,由于进化计算采用种群的方式组织搜索,从而它可以同时搜索解空间内的多个区域,并相互交流信息,这种搜索方式使得进化计算能以较少的计算获得较大的收益.

§ 1.5 人工神经网络、模糊系统和进化计算的相互融合

人工神经网络能够通过学习和训练获得用数据表达的知识,除了可以记忆已知的信息之外,神经网络还具有较强的概括能力和联想记忆能力.神经网络在智能控制、模式识别、聚类分析和专家系统等方面都取得了令人鼓舞的进展.但神经网络的推理知识表示体现在网络连接权值上,表达比较难以理解,这是它的一个缺点.

模糊系统以扎德创立的模糊集合论为基础,抓住了人类思维中的模糊性特点,以模糊推理来处理常规方法难以解决的难题,能对复杂事物进行模糊识别、模糊度量.目前,模糊系统在自动控制、信息处理、人工智能等方面都得到了广泛的应用.模糊系统的显著特点是能够直接地表示逻辑,适于直接的或高级的知识表达,具有较强的逻辑功能.但是对于模糊系统来说,模糊推理虽然是一种善于表现知识的推理方法,但它没有本质的获取知识的能力,模糊规则的确定也比较困难,通常需要领域专家知识的指导.因此如何构造可自动处理模糊信息的模糊系统,即实现模糊规则的自动提取和模糊变量隶属度函数的自动生成及优化,一直是困扰模糊信息处理技术进一步推广的难题.

随着对模糊系统和神经网络研究的深入,两个领域间相互独立的关系逐渐改变.如果将它们进行综合,即将符号逻辑推理方法与联接机制方法进行结合,将数值方法和模糊逻辑方法进行结合,其优势将远远高于单项研究.模糊系统和神经网络的融合导致了模糊神经网络的产生,许多学者已对此进行了尝试.

进化计算模拟生物进化的过程,依据适者生存、优胜劣汰的进化规则,对包含可能解的种群反复进行基于遗传的操作,不断生成新的种群并使种群不断进化,同时以全局并行搜索方式来搜索优化种群中的最优个体,以求得满足要求的最优解.其主要优点是简单、鲁棒性强、搜索空间大.

神经网络的网络结构的设计和权值的训练是一个十分重要而困难的问题,传统的方法多是凭经验或启发知识来设计网络,用梯度法来确定其中的权值,常常需要进行反复试验而且还很难找到最优的网络结构和权值.而进化计算为神经网络的自动设计和训练提供了一种新的途径,这就是进化神经网络.

神经网络、模糊系统、进化算法三者研究同步发展、相互渗透、界限日益模糊,人们逐渐认识到由三者交叉组成的新系统具有更强的功能,因而三者相互融合的研究是当今三个分支研究的热点.

第一篇

人工神经网络

第二章 人工神经网络的基本模型

人工神经网络(ANN)是由大量的神经元互连而成的网络.它是在现代神经科学研究成果的基础上提出的,反映了人脑功能的基本特性.但它并不是人脑的真实描写,只是它的某种抽象、简化与模拟.根据神经细胞的结构和功能,从20世纪40年代开始,先后提出的神经元模型有几百种之多.

§ 2.1 生物神经元

生物神经元是脑组织的基本单元,大约140亿个,尽管在种类(50余种)、大小形状上有差异,但是作为信息处理单元,其结构和功能上大体雷同.

2.1.1 神经元的结构

本体:细胞体(细胞膜、质、核),对输入信号进行处理,相当于CPU.

树突:本体向外伸出的分支,多根,长1 mm左右,本体的输入端.

轴突:本体向外伸出的最长的分支,即神经纤维,一根,长1 cm~1 m左右,通过轴突上的神经末梢将信号传给其他神经元,相当于本体的输出端.

突触:各神经元之间轴突和树突之间的接口,即神经末梢与树突相接触的交界面,每个细胞体大约有 $10^3 \sim 10^4$ 个突触.突触有兴奋型和抑制型两种.

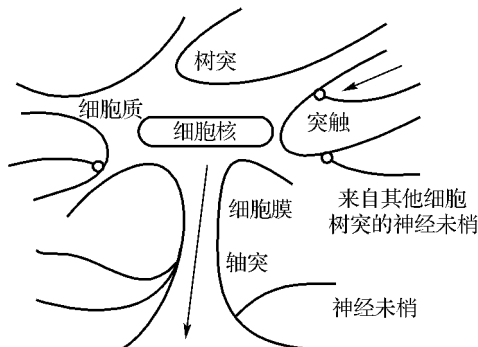


图 2.1 神经元结构

2.1.2 膜电位与神经元的兴奋

膜电位:细胞膜将细胞分为内外两部分,当外部电位为0时,称内部电位为膜电位.

静止膜电位:当没有输入信号时的膜电位称为静止膜电位,通常为 -70 mV左右.

兴奋状态:当外部有输入信号时,将使膜电位发生变化,倘若使膜电位升高,比静止膜电位高15 mV以上,即超过 -55 mV(阈值),神经元被激活,内部电位急剧上升至100 mV左右,并

维持约 1 ms, 然后急剧下降. 相当输出一个 100 mV 高 1 ms 宽的脉冲, 并沿轴突以 100 m/s 的速度传至其他的神经元.

抑制状态: 当外部输入信号使膜电位下降低于阈值电位时, 神经元处于抑制状态, 无脉冲输出.

“兴奋—抑制”状态满足“0—1”律.

A/D 转换: 电脉冲到达各突触接口后, 放出某种化学物质, 该物质作用于各个和其相连的神经元的细胞膜, 并使其膜电位发生变化, 完成了将离散的脉冲信号转换为连续变化的电位信号.

不应期: 神经元输出一个脉冲后, 一段时间内对激励不响应, 称之为不应期, 一般为几毫秒.

时间加算功能: 对于不同时间通过同一突触传入的信号具有时间的加算功能.

空间加算功能: 对于同一时间通过不同突触的输入信号具有空间加算功能.

§ 2.2 人工神经元的形式化模型

自从 1943 年, 美国心理学家 McCulloch 和数学家 Pitts 合作提出了形式神经元的数学模型, 即 M-P 模型以来, 已有几百种神经元模型被提出.

2.2.1 M-P 模型

M-P 模型的简化图见图 2.2, 其中图中的圆表示神经元的细胞体, 输入线表示神经元的树突, 带箭头的连接表示兴奋性突触连接, 带小圆的连接表示抑制性突触的连接, 输出线表示神经元的轴突, 圆中的 θ 表示神经元兴奋时的阈值. 与图 2.1 对照, 可以看出, M-P 模型在一定程度上反映了生物神经元在结构上和功能上的特征. 但是 M-P 模型给抑制性输入赋予了“否决权”, 只有当不存在抑制性输入而兴奋输入的加算和超过了阈值时, 神经元才会兴奋. 具体过程可以描述为:

输入条件	输出
$\sum_{i=1}^N I_i - \theta \geq 0$ 且 $\sum_{j=1}^M E_j = 0$ 时	$Y = 1$
$\sum_{i=1}^N I_i - \theta \geq 0$ 且 $\sum_{j=1}^M E_j > 0$ 时	$Y = 0$
$\sum_{i=1}^N I_i - \theta < 0$ 且 $\sum_{j=1}^M E_j = 0$ 时	$Y = 0$
$\sum_{i=1}^N I_i - \theta < 0$ 且 $\sum_{j=1}^M E_j > 0$ 时	$Y = 0$

(2.2.1)

M-P 模型是神经元的一种数理逻辑(形式逻辑). 因此, 可以利用它来实现常规的 Boole 逻辑运算.

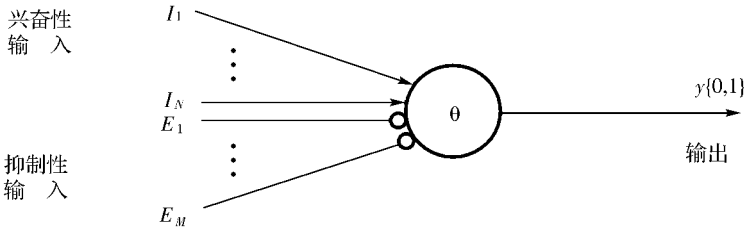


图 2.2 M-P 模型

2.2.2 线性加权模型

在 M-P 模型基础之上的一种变型,称为线性加权神经元模型,它的结构和功能如图 2.3 所示.

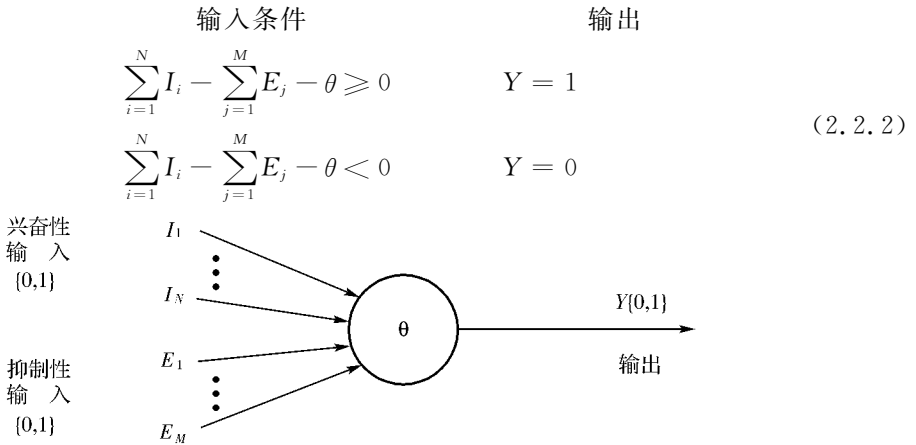


图 2.3 线性加权 M-P 模型

由图看出,线性加权模型与 M-P 模型的主要区别在于对抑制性突触的联接强度的赋值.在 M-P 模型中这个权值可以理解为 $-\infty$,在线性加权模型中为 -1 .

2.2.3 阈值逻辑模型

在实际中更为常用的 M-P 模型是在前述模型的基础上的进一步改进,用可在 $[-1, 1]$ 区间取值的权重来表示输入的突触连接强度,用权重的正负来表示输入突触是兴奋性突触还是抑制性突触(见图 2.4).

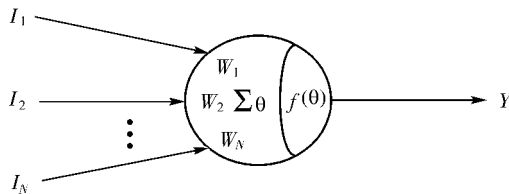


图 2.4 阈值逻辑 M-P 模型

其中: $I_i \in \{-1, +1\}$, $Y \in \{-1, +1\}$, $W_i \in [-1, +1]$,

$$Y = \text{sgn}\left(\sum_{i=1}^N W_i I_i - \theta\right) \quad (2.2.3)$$