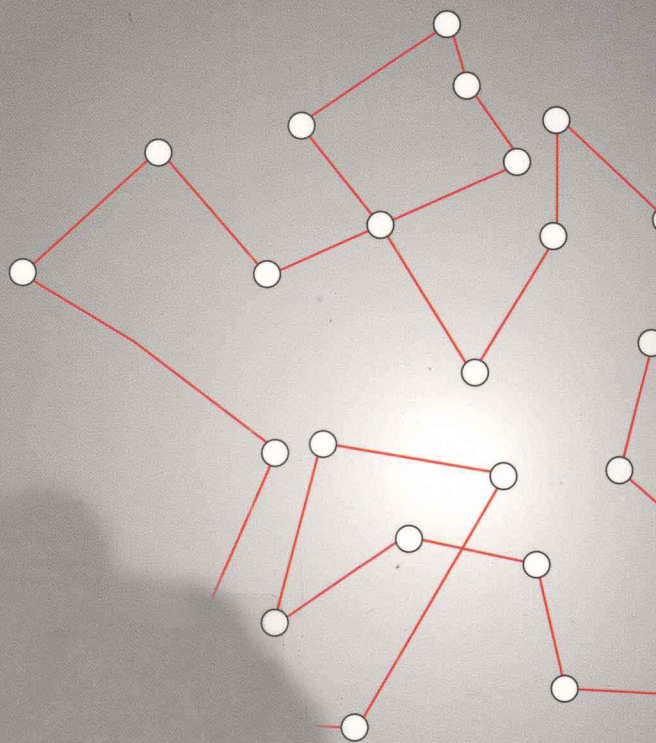


XIANDAIZHINENG
FANGSHENGSHUANFA
JIQI YINGYONG

现代智能仿生算法及其应用

高 玮 尹志喜 著



科学出版社

现代智能仿生算法及其应用

高 玮 尹志喜 著

本书承国家自然科学基金面上项目(41072233,40872187)资助

科 学 出 版 社

北 京

版权所有，侵权必究

举报电话：010-64030229；010-64034315；13501151303

内 容 简 介

本书从仿生学的角度出发，研究了智能科学的发展方向，全面系统地提出了智能仿生算法的概念及其研究内容，详细介绍了目前常用的几种主要智能仿生算法，主要介绍了作者近年来在智能仿生算法及其应用方面的一些研究成果。其内容包括改进的多种进化神经网络及其在预测及拟合方面的应用；改进的快速遗传算法及进化规划；相遇蚁群算法、奖惩蚁群算法、免疫连续蚁群算法、筛选蚁群算法以及它们在滑坡工程、复杂 TSP 等问题上的应用；另外，还介绍了免疫遗传算法、免疫进化规划等。为了内容的系统全面性，最后简单介绍几个新近发展的新算法，即模拟鱼群行为的鱼群算法、模拟人口迁移的迁移算法、模拟蜂群行为的蜂群算法等。

本书可供从事计算机科学、计算智能、人工智能等专业的研究人员参考，也可作为研究智能仿生算法及应用的科技人员的参考书和研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

现代智能仿生算法及其应用/高玮,尹志喜著. —北京: 科学出版社, 2011. 2
ISBN 978-7-03-030160-4

I. 现… II. ①高… ②尹… III. 人工智能—计算 IV. TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 015895 号

责任编辑: 高 嵘 / 责任校对: 王望容
责任印制: 彭 超 / 封面设计: 苏 波

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>

武汉中科兴业印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 2 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2011 年 2 月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—2 000 字数: 302 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言



随着自然科学的发展及人类对自然认识水平及能力的提高,20 世纪的科学出现了日新月异的局面,科学研究领域出现了一些令人耳目一新的趋向。其中,生命科学及计算机科学是两个最吸引人的研究热点,出现了不少举世瞩目的研究成果,如计算机网络的发展、计算机智能化的发展、人类基因组图谱的绘制等,这些研究及发现均对人们的生产、生活产生了极大的影响。

学科的交叉及渗透是自然科学发展的源泉,因此随着各学科的交叉及渗透,20 世纪中、后期出现了大量新兴的边缘交叉学科。其中,生命科学与计算机科学的结合产生了一些新学科的火花。其中,有代表性的新学科包括人工生命(artificial LIFE, ALIFE)、计算智能(computational intelligence, CI)、生物信息学(bioinformatics)、来自自然的计算方法(nature inspired computation)等,这些学科都在 20 世纪末期产生并迅速成为各国学者的研究热点。

目前学科的交叉和渗透已经成为自然科学发展的必由之路,科学发展已经证明,大自然是我们最好的老师,向自然学习,来解决人类面临的问题是发展现有科学技术的有效途径。仿生学来源于自然是学习的好途径,把仿生学和计算机技术、智能科学等相结合产生了一门全新的学科——智能仿生算法。现代智能仿生算法是目前智能科学发展的一个新研究热点,它是采用计算机对生命系统模拟而产生的一类新计算方法,它是集人工生命、计算机科学、数学、生物学、心理学等学科为一体的新兴边缘学科,是生命科学、计算机科学、信息科学、系统科学及工程技术科学等的交叉研究热点。

为了介绍这门新学科,促进其发展,并带动该学科的应用研究,很有必要出版一本系统全面介绍这个新学科及其最新应用的专著。目前,随着大规模国民建设的发展,各种大型工程问题随之出现,这也需要应用新的研究成果解决新的工程问题。因此,本书的出版对国民经济建设具有重大的推动意义。本书是作

者近十多年来独有的研究成果总结,部分研究成果属国内外首创,学术意义重大。

本书主要从仿生学的角度出发,研究了智能科学的发展方向,全面系统地提出了智能仿生算法的概念及其研究内容,详细介绍了目前常用的几种主要智能仿生算法,内容包括模拟生物神经网络的人工神经网络、模拟生物进化遗传系统的进化算法、模拟神经系统进化发展的进化神经网络、模拟蚂蚁群体智能的蚁群算法、模拟鸟类群体智能的粒子群优化、模拟生物免疫系统的免疫算法、模拟生物细胞繁殖的细胞自动机算法,最后简单介绍了几个新近发展的新算法,主要有模拟鱼群行为的鱼群算法、模拟人口迁移的迁移算法、模拟蜂群行为的蜂群算法等。

在各算法的介绍中,均首先从其生物学角度进行描述,详细介绍了它们的仿生学原理,并简单介绍了它们的数学基础,着重叙述各算法的实现原理及过程,并介绍算法的改进研究及其应用情况。算法介绍中重点介绍了作者近年来的相关研究成果,包括改进的人工神经网络、遗传算法和进化规划的比较研究、改进快速遗传算法、改进快速进化规划、两种改进的进化神经网络、改进的蚁群算法(相遇蚁群算法及奖惩蚁群算法)、免疫连续蚁群算法、免疫遗传优化算法、免疫进化规划等。算法应用中重点介绍了作者近几年在智能仿生算法工程应用方面的大量最新成果,包括人工神经网络在非线性数据预测领域的研究情况、进化神经网络在滑坡预测中的应用、进化神经网络力学反分析、进化神经网络在围岩松动圈预测中的应用、基于新型蚁群算法的滑坡滑动面搜索、基于蚁群聚类算法的岩爆预测等。当然,为了所介绍算法的系统完整,本书中也归纳总结了部分前人的研究成果。

本书内容主要来源于作者读博士以来从事的相关工作,也包括指导研究生进行的一些研究,在此向作者的博士导师郑颖人院士,博士后合作导师冯夏庭研究员,同事刘泉声教授,合作过的学生张飞君、杨大勇、汪磊、何松晟、黄兴等,表示感谢。另外,书中的一些内容也引用和借鉴了一些本领域前辈学者的研究成果,在此向他们表示谢意。作者的爱人杨荣娟女士也参加了部分输入和编辑工作,并且在专著完成过程中承担了几所有家务,省去了作者很多时间,在此对杨荣娟女士的工作和支持表示衷心感谢。本书也作为礼物献给作者的小儿高杨秦楚,希望他健康成长。

鉴于作者水平及认识的局限性,书中存在不妥乃至谬误之处在所难免,欢迎各同行批评指正,相互交流(作者的联系方式: wgaowh@ hotmail. com 或 wgaowh@163. com)。

目 录

1	绪论	1
1.1	智能科学及其内容	1
1.2	智能仿生算法及其内容	3
	参考文献	7
2	人工神经网络	9
2.1	人工神经网络的生物基础	9
2.2	人工神经网络的发展	12
2.3	人工神经网络的基本模型及其算法	14
2.4	BP 网络及其改进	26
2.5	人工神经网络在非线性时序预测中的应用研究	33
	参考文献	42
3	进化算法	44
3.1	进化算法的生物基础	44
3.2	进化算法的分类	45
3.3	遗传算法	47
3.4	进化规划	63
3.5	进化策略及遗传规划	72
3.6	进化算法的设计	76

参考文献	78
附录 A 用于无约束优化的典型测试函数	80
附录 B 用于约束优化的典型测试函数	84
4 进化神经网络	88
4.1 进化神经网络的生物基础	88
4.2 进化神经网络的基本模型	89
4.3 进化神经网络算法	91
4.4 进化神经网络的应用	99
参考文献	115
5 蚁群算法	118
5.1 蚁群算法的生物基础	118
5.2 蚁群算法的基本模型	120
5.3 蚁群算法的改进研究	123
5.4 改进蚁群算法的应用	134
5.5 蚁群算法的其他模型及其应用	153
5.6 蚁群算法的典型应用	172
5.7 蚁群算法的比较研究	174
参考文献	175
6 粒子群优化算法	178
6.1 引言	178
6.2 生物学背景：人工生命	179
6.3 算法介绍	180
6.4 粒子群优化算法的参数设置	185
6.5 遗传算法和粒子群优化算法的比较	185
6.6 粒子群优化算法和人工神经网络的融合	187
6.7 粒子群优化算法的应用	188
6.8 粒子群优化算法的发展	189

参考文献	189
7 免疫算法	191
7.1 免疫算法的生物学基础——生物免疫系统	191
7.2 免疫算法的基本模型及算法	194
7.3 免疫算法与其他算法的结合	202
7.4 人工免疫系统的应用	207
7.5 人工免疫系统的发展	209
参考文献	210
8 细胞自动机	212
8.1 细胞自动机简介	212
8.2 细胞自动机的一般描述	213
8.3 细胞自动机的物理描述	216
8.4 细胞自动机的数学描述	217
8.5 细胞自动机的特征	219
8.6 细胞自动机的典型应用	220
参考文献	222
9 智能仿生算法的新进展	224
9.1 人工鱼群算法	224
9.2 人口迁移算法	230
9.3 人工蜂群算法	234
参考文献	239

1 绪 论

1.1 智能科学及其内容

什么是智能(intelligence)? 牛津大词典认为智能是“观察、学习、理解和认识的能力”; 韦氏大词典又认为智能是“理解和各种适应性行为的能力”; 认知心理学定义, 智能是指人等生命体感知、认识客观世界, 并运用知识解决问题的综合能力。而智能的工程定义是系统能把自己的行为适应于满足其在一个环境范围内的目标。

由此概念可见, 智能是生命活动的结果。然而, 使机器具有智能是人类一个古老的追求。随着电子计算机的出现, 人们已部分实现了这个目标。

机器智能是使机器具有智能, 即上述智能的概念中的主体由生命体换成机器, 它是目前信息科学界、计算机科学界的一大主题。目前, 机器智能研究分成三个学派, 即符号主义学派、仿生学派及行为主义学派。其中仿生学派是以前连接主义学派的扩展, 该学派认为机器智能主要源于仿生学, 即大自然是人类最好的老师。目前该学派已成为机器智能研究的重要思想, 得到了蓬勃发展。

因此, 现代科学技术意义上的智能已不仅是生命体特有的现象, 智能的范围在不断扩大。在现代智能科学中^[1,2], 生命所具有的生物智能(biological intelligence, BI)仅是其中一部分。按智能程度的高低, 智能可分为生物智能(BI)、人工智能(artificial intelligence, AI)及计算智能(computational intelligence, CI)三大类。生物智能也称为自然智能(natural intelligence, NI), 它是生物体, 尤其是人类生命活动的表现, 其产生于生命体内的物理、化学等有机方式, 它是大自然的杰作, 是所有智能形式中智能程度最高的一种。人工智能产生于 20 世纪五六十年代的机器学习研究, 它主要致力于模拟人的逻辑、推理

过程,其典型的代表是专家系统的研究,它着重于知识的表示及其推理。而计算智能则是 20 世纪 90 年代人类在科学计算研究中提出的概念,它是三种智能形式中智能程度最低的一种。三种智能形式间存在密切的联系,智能 ABC 分层模式极好地揭示了三者之间的关系,其具体形式如图 1.1 所示。

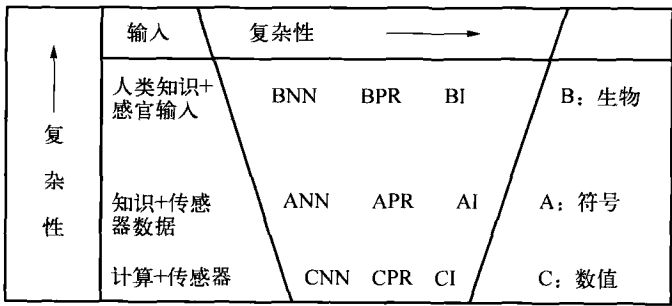


图 1.1 智能 ABC 分层模式

计算智能是近年来提出的一个全新概念,按目前的划分^[3],其内容主要包括人工神经网络(artificial neural networks, ANN)、模糊系统(fuzzy system, FS)及进化计算(evolutionary computation, EC)三大类。尽管其组成内容都已有了较长历史,但把它们综合起来,作为一个新学科分支,只是最近十多年间的事^[4]。直观理解,所谓计算智能是指那些由计算手段实现的智能行为。Bezdek 给出的严格定义为^[1,4],计算智能是指那些依赖于数值计算的智能。由于计算智能与人工智能在内容上有某种重叠性,使人们容易对它们产生混淆。其实计算智能有其鲜明的特点,主要表现在:计算智能主要依赖于所提供的数字材料,而不是知识;它主要依赖于数学计算方法(特别是和数值相联系的计算方法)的使用。也就是说,它更强调数值计算,又往往不是通过公理和公式来描述事物,而以数据及其分布来描述对象。一方面,计算智能内容本身具有明显的数值计算信息处理特征;另一方面,计算智能强调用计算方法研究和处理智能问题。其实,计算智能中的计算内涵已被扩展,其指一切在解空间中进行的搜索过程。

如果说人工智能是以知识库为基础、以顺序离散符号推理为特征含知识表示、推理和利用的知识系统,那么计算智能则是以模型(数学模型、计算模型)为基础,以分布、并行、仿生计算为特征含数据、算法和实现的信息系统。前者强调规则的形成和表示,而后者强调模型的建立和构成;前者依赖专家知识,而后者强调系统的自组织、自学习和自适应。

由于计算智能侧重于数学计算方法,从而从数学角度分析计算智能更能揭示其本质。为了对计算智能的特点有一个较好的了解,以便在实际中使用,以下给出从数学角度上得出的计算智能的一些特点^[5]。

① 计算智能方法中引入了随机因素,具有不确定性,甚至同时支持相互矛盾的途径去求解,不少计算过程实质为随机过程的模拟。

② 计算智能方法针对通用的一般目标而设计,它们不采用具体问题具体分析启发式方法。

③ 计算智能方法大多在简单情况下显得很笨,但处理复杂问题时就显示出了其优越性。

由上分析可知,计算智能方法通用性很强,对复杂问题处理能力极强,且由于其本质的数值计算特点,使得它非常适用于复杂工程问题的求解。因此,计算智能方法在工程界已得到了大量应用。

1.2 智能仿生算法及其内容

1.2.1 智能仿生算法的来源及定义

随着自然科学的发展及人类对自然认识水平及能力的提高,20 世纪的科学出现了日新月异的局面,科学研究领域出现了一些令人耳目一新的趋向。其中,生命科学及计算机科学是两个最吸引人的研究热点^[6],其中出现了不少举世瞩目的研究成果,如计算机网络的发展、计算机智能化的发展、人类基因组图谱的绘制等,这些研究及发现均对人们的生产、生活产生了极大的影响。

学科的交叉及渗透是自然科学发展的源泉。因此,随着各学科的交叉及渗透,20 世纪中、后期出现了大量新兴的边缘交叉学科。其中,生命科学与计算机科学的结合产生了一些新学科的火花。有代表性的新学科包括人工生命(artificial LIFE, ALIFE)、计算智能(computational intelligence, CI)、生物信息学(bioinformacis)、来自自然的计算方法(natrue inspired computation)等,这些学科都在 20 世纪末期产生并迅速成为各国学者的研究热点。

本书主要介绍近来迅速发展的新学科——人工生命、计算智能、生物信息学等中产生的一些新型算法。由于这些算法可归结于智能科学的范围,从而均属于智能算法。大自然是我们最好的老师,向自然学习并解决人类面临的问题,这就是仿生学的意义。

仿生技术是 20 世纪 60 年代诞生的一门综合边缘学科,它主要研究生物系统的结构性质、能量转换和信息过程,并将获得的知识用来改善或创造新的机械、电子等。仿生技术的操作模式是根据科学研究和生产实践中提出各种技术问题来构造生物模型,进行数学分析,建立数学模型,再进行反复试验以改进或发展技术模型。如图 1.2 所示为一个典型的仿生技术的模式。

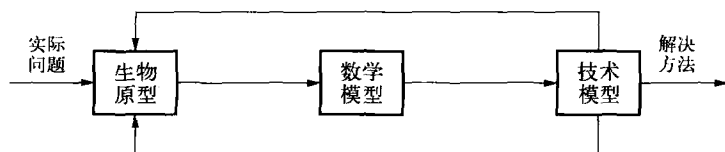


图 1.2 仿生技术的操作过程

仿生技术通俗地说,就是人类从生物的一些行为得到启发,提出一些模拟生物行为的、解决现实生活中复杂问题的新思路和新方法^[7]。其中,人工生命^[8]是仿生技术的一个重要方面。所谓人工生命,以它的创始人美国科学家 Langton 给的定义就是,利用计算机之类的人工系统来研究生命特有行为的生成。在研究人工生命的过程中,人们提出了一种从模拟生物行为的特点出发解决实际复杂问题的新型计算机算法,在这里把它们称为仿生算法。

由此概念可以发现,这些新型算法是基于仿生学原理的智能算法,因此,称这类算法为“智能仿生算法”。由于这类算法来自自然,主要用于解决现实世界中的复杂问题,从而这类算法大多属于软计算(soft computing, SC)方法的范畴。由于这类算法的独特性,它显示出解决复杂问题的特殊能力,因此这类算法目前已在社会科学、自然科学、经济管理学、人类学、医学、生物学、化学、电子、计算机、机械、电信、电工、土木等众多领域得到了成功的应用。

1.2.2 智能仿生算法的内容

由于智能仿生算法是多种新兴学科交叉而产生的边缘学科,这些新兴学科就构成了智能仿生算法的研究范畴。以下对这些新兴学科进行简单介绍。

1. 人工生命

20 世纪 80 年代,美国洛斯·阿莫斯国家实验室圣菲研究所(Santa Fe)非线性理论组的兰顿(Langton C.)提出了人工生命的术语。Langton^[9]给其下的定义可表达为“The study of man made system that exhibit behaviors and characters of natural system”。也就是说“利用计算机之类的人工系统来研究生命特有行为的生成”。

人工生命^[10]是一个范围很大的课题,它是集人体生理学、心理学、哲学、生物学、遗传学、计算机科学等多种学科为一体的边缘学科。人工生命是当前生命科学、信息科学、系统科学及工程技术科学的交叉研究热点,也是人工智能、计算机、自动化科学技术的发展动向之一。

人工生命的内容和定义如图 1.3 所示。

人工生命目前有两大研究流派:一是试图制造出人工的计算机生命现象;

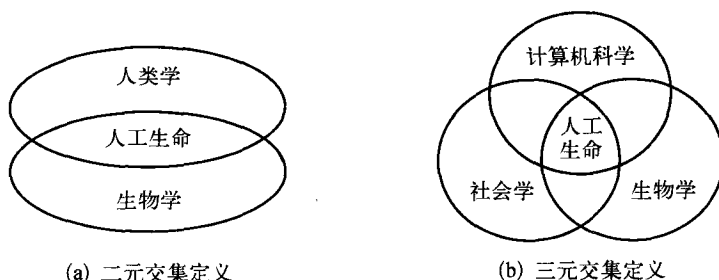


图 1.3 人工生命的定义

另一流派是试图在计算机上模拟生命现象,并把生命的巧妙信息处理方法用到工程上去。

人工生命的研究方法可分为两大类:一是从生物体内部系统出发进行研究,它又可分为模型法和动作原理法两种,前者如神经网络、免疫网络,后者如利用混沌、分形的自组织化;另一种是从生物体外部系统(个体群系统)出发进行研究,同样有模型法和动作原理法两种,前者如遗传算法、决策进化理论等,后者如伴随着自组织化的协调分散原理。

人工生命的研究内容大致可以分成两类:一是研究构成生物体的内部系统,包括脑、神经系统、内分泌系统、免疫系统、遗传系统、酶系统、代谢系统等;二是研究生物体和它的群体表现的外部系统,包括生物群体的环境适应系统和遗传进化系统等。

典型的人工生命例子有计算机病毒、机器人、电子宠物等。

目前通过人工生命研究产生了一些典型的算法,主要有来源于细胞级人工生命的细胞自动机、来源于器官级人工生命的人工神经网络模型及人工脑、来源于个体级人工生命的电子宠物、来源于群体级人工生命的人工鱼群模型以及来源于生态系统级人工生命的算法模型等。

2. 软计算

软计算^[11,12]是由模糊数学的创始人美国加州大学伯克莱分校的 Zadeh L. A. 于 1994 年提出的。软计算的实质是只求问题近似的而非精确解的那些有效计算方法学的集合,是对随着信息技术和计算机智能化的发展而产生的一些计算技术的总称。与传统的精确性“硬计算”不同,软计算并不追求问题的精确解,允许存在不精确性和不确定性,所得到的是精确或不精确问题的近似解,这正是人脑求解问题的体现。

软计算同人工智能及传统硬计算的关系如图 1.4 所示。

软计算主要包括模糊逻辑(fuzzy logic)、神经网络(neural network)及概率推理等。所谓概率推理包括发生算法、信念网络、混沌系统、进化算法以及部分

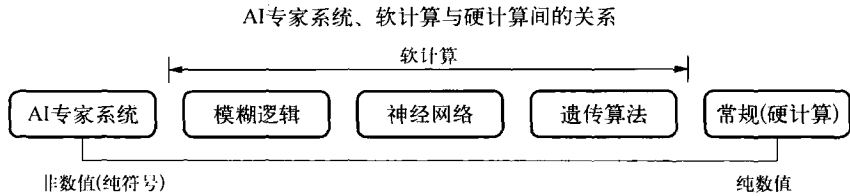


图 1.4 软计算同人工智能及硬计算的关系

学习理论。要说明的是,作为一种新兴学科,软计算目前尚缺乏完整的理论体系。

3. 生物信息学

生物信息学^[13-15]是一门新兴的、正在迅速发展的交叉学科,目前国内外对生物信息学的定义众说纷纭,尚没有形成统一的、普遍公认的认识。

美国国家基因组研究中心认为,生物信息学是一个代表生物学、数学和计算机的综合力量的新兴学科(Bioinformatics is an emerging scientific discipline representing the combined power of biology, mathematics, and computers)。

美国乔治亚理工大学认为,生物信息学是采用数学、统计学和计算机等方法分析生物学、生物化学和生物物理学数据的一种综合方法(Bioinformatics is an integration of mathematical, statistical and computer methods to analyze biological, biochemical and biophysical data)。

一般定义:1995年,美国人类基因组计划第一个五年总结报告中提出,生物信息学是包含生物信息的获取、处理、储存、分发、分析和解释的所有方面的一门学科,它综合运用数学、计算机科学和生物学的各种工具进行研究,目的在于了解大量的生物学意义。

我国学者的观点为,生物信息学是用数理和信息科学的观点、理论和方法去研究生命现象,组织和分析呈指数增长的生物学数据的一门科学。

总之,生物信息学是一门新兴的交叉学科,是以计算机为工具,综合运用生物学、数学、物理学、信息科学等多学科知识对生物信息进行储存、检索和分析的科学,是当今生命科学和自然科学的前沿领域之一,也是21世纪自然科学的核心领域之一。生物信息学和其他学科的关系如图1.5所示。

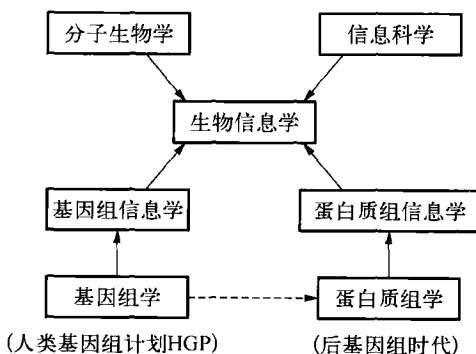


图 1.5 生物信息学同其他学科的关系

作为一个热门的前沿交叉学科,目前生物信息学是荟萃了数学、统计学、计算机科学和分子生物学的科学,目标就是要发展和利用先进的计算技术解决生物学难题。这里所说的计算技术至少包括机器学习(machine learning)、模式识别(pattern recognition)、知识重现(knowledge representation)、数据库、组合学(combinatorics)、随机模型(stochastic modeling)、字符串和图形算法、语言学方法、机器人学(robotics)、局限条件下的最适推演(constraint satisfaction)和并行计算等。其生物学方面的研究对象覆盖了分子结构、基因组学、分子序列分析、进化和种系发生、代谢途径、调节网络等诸多方面。

4. 生物电子学

生物电子学^[16,17]是生物医学和电子信息科学相互交叉、渗透和综合的前沿研究领域。生物电子学综合应用电子学有关工程技术的理论和方法,从工程科学的角度研究生物、人体的结构和功能,以及功能与结构之间的相互关系。

生物电子学的研究领域大致可以包括7个方面,即生物信息检测,生物医学信息处理,生物系统建模和仿真,场与生物物质的作用,分子和生物分子电子学,生物信息学,生物医学仪器。

参 考 文 献

- [1] 靳蕃. 神经计算智能基础——原理·方法. 成都: 西南交通大学出版社, 2000.
- [2] Schwefel H P, Back T. Artificial Evolution: How and Why? In: D. Quagliarella, J. Periaux, C. Poloni, et al(Edt). GA and ES in Engineering and Computer Science. John Wiley & Sons Ltd., 1997: 1—19.
- [3] 郑威义, 帅藕莲, 徐秉铮. 计算智能: 计算、集成与集成开发环境. 计算机科学, 1996, 23(2): 49—51.
- [4] Editorial. Intelligence: Computational Versus Artificial. IEEE Trans. on NN, 1993, 4(5): 737—739.
- [5] 钱敏平, 龚光鲁. 从数学角度看计算智能. 科学通报, 1998, 43(16): 1681—1695.
- [6] 李衍达. 信息科学与生物之谜. 世界科技研究与发展, 1999, 21(3): 26—30.
- [7] Nancy F. Imitation of life: how biology is inspiring computing. Cambridge: MIT Press, 2004.
- [8] 刘健勤. 人工生命理论及其应用. 北京: 冶金工业出版社, 1997.
- [9] Christopher G. Langton. Artificial Life-An Overview. Cambridge: MIT Press, 1997.
- [10] Rodney B, Pattie M. Artificial Life IV. Cambridge: MIT Press, 1994.
- [11] Amit K. Artificial Intelligence and Soft Computing-Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain. Boca Raton: CRC Press, 2000.
- [12] Zadeh L A. Soft Computing and Fuzzy Logic. IEEE Trans. Software, 1994, 11(6): 48—56.

- [13] 王翼飞,史定华.生物信息学——智能化算法及其应用.北京:化学工业出版社,2006.
- [14] 施卫萍.生物信息学研究进展.安徽农学通报,2009,15(10):32—34.
- [15] 宋杰.仿生计算的生物信息学应用及思考.科技信息,2009,27:24—25.
- [16] 韦钰.生物电子学——充满活力的前沿交叉学科.电子科技导报,1998,11:2—4.
- [17] 李玉成.一个崛起的新学科——生物电子学.科学学与科学技术管理,1995,16(9):46—47.

2 人工神经网络

生命科学与工程科学的相互交叉、相互渗透、相互促进是现代科学发展的重要特点之一。神经网络(或神经计算)就是这样一门交叉学科。作为对人类智能研究的重要组成部分,它已成为神经科学、脑科学、心理学、认知科学、计算机科学、数理科学等共同关心的焦点。

2.1 人工神经网络的生物基础^[1-3]

人工神经网络系统理论就是以动物的智能功能为研究对象并以其神经细胞的信息处理方法为背景的智能计算机及智能计算理论,其主要模拟生物的神经网络系统,如图 2.1 所示。动物的单个神经细胞的构造如图 2.2 所示。

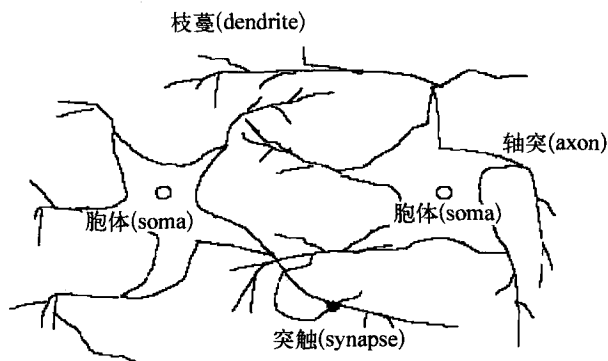


图 2.1 生物神经网络的结构

神经细胞由细胞体与若干突体组成,其中细胞体包括细胞核、细胞膜与细胞质,而突体又包括轴突、树突、突触与神经末梢。