

上海科技专著出版资金资助

自然计算与网络智能

丁永生 著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书面向智能系统学科前沿,讨论面向网络智能的自然计算的理论、技术及其应用的若干方面,这些自然计算技术包括受免疫网络、神经内分泌免疫网络、生物网络、生态网络、经济网络、社会网络等研究领域启发的理论、技术与应用方法。

本书理论联系实际,内容新颖,材料丰富,具有较高的学术水平和参考价值。本书可作为高等院校有关专业高年级本科生或研究生的教材及参考书,也可供从事智能科学、自然计算、计算机科学、自动控制、系统科学、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

自然计算与网络智能/丁永生著. —上海:上海交通大学出版社,2008

上海科技专著出版资金项目

ISBN978-7-313-04988-9

I. 自... II. 丁... III. 人工智能—计算 IV. TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 155717 号

本书出版由上海科技专著出版资金资助

自然计算与网络智能

丁永生 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

昆山市亭林印刷有限责任公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.5 插页:4 字数:374 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印数:1~2 500

ISBN978-7-313-04988-9/TP·679 定价:41.00 元

版权所有 侵权必究

出版说明

科学技术是第一生产力。21 世纪,科学技术和生产力必将发生新的革命性突破。

为贯彻落实“科教兴国”和“科教兴市”战略,上海市科学技术委员会和上海市新闻出版局于 2000 年设立“上海科技专著出版资金”,资助优秀科技著作在上海出版。

本书出版受“上海科技专著出版资金”资助。

上海科技专著出版资金管理委员会

前 言

自然计算(*Nature-Inspired Computation*)是指以自然界,特别是生物体的功能、特点和作用机理为基础,研究其中所蕴涵的丰富的信息处理机制,抽取出相应的计算模型,设计出相应的算法并应用于各个领域。自然计算包含了进化计算、神经计算、生物分子计算、免疫计算、内分泌计算、生态计算、量子计算和复杂自适应系统(如社会网络、经济系统、蚁群系统、蜂群系统、物理系统、化学系统)等在内的众多以自然界机理为算法设计基础的研究领域,具有模仿自然界的特点,通常是一类具有自适应、自组织、自学习能力的算法,能解决传统计算方法难以解决的各种复杂问题。自然计算的应用领域包括复杂优化问题求解、智能控制、模式识别、网络计算与安全、硬件设计、社会经济、生态环境等方面。它们均为国际交叉学科前沿研究领域,对促进国家国民经济的发展和科学技术的进步均具有十分重要的意义,并具有非常广阔的应用前景。

从学科发展的角度来看,自然计算的研究是各类自然科学和计算机科学相互交叉而产生的研究领域,它的发展完全顺应于当前多交叉学科不断产生和发展的潮流。自然计算奇妙的研究思路和广阔的应用领域吸引了大量的研究人员不断探索、不断创新,是国际上非常热门的研究领域。目前,国际上已有大量的杂志和会议专门发表关于自然计算理论及应用的相关论文。

近年来,网络智能的理论与技术得到了迅速的发展,并取得了许多令人激动的研究成果和应用。东华大学智能系统与网络智能研究所近年来相继得到了国家自然科学基金重点项目(60534020)、国家自然科学基金(60474037, 60004006)、教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-04-415)和上海市青年科技启明星计划(00QD14038)等项目的资助。受自然计算的启发,取得了面向网络智能的理论、技术及其应用的一系列研究成果,它们包括受免疫网络、神经内分泌免疫网络、生物网络、生态网络、经济网络、社会网络等研究领域启发的网络智能的理论、技术与应用方法。

为了推动该领域的研究与应用,本书以“自然计算”为主线,结合我们近年来在该领域的研究成果,对自然计算引发的网络智能的若个方面进行了比较系统的阐述和讨论。全书共分9章。第1章介绍了自然计算的生物背景和网络智能的若干领域。第2章到第9章讨论了自然计算引发的网络智能技术,包括受免疫网络、神经内分泌免疫网络、生物网络、生态网络、经济网络、社会网络等研究领域启发的理论与技术,并将其应用于突现计算、网络计算、网格计算、Internet服务和资源发现、Web服务、网络安全和网络控制等领域。

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进展,又可以深入到某一较深的研究方向。

感谢美国 Wayne State University 电气及计算机工程系的 Hao Ying 教授、比利时国家核

研究中心兼根特大学应用数学系的 *Da Ruan* 教授、东华大学信息科学与技术学院的邵世煌教授,他们多年来一直支持我们的研究工作,并提出了许多宝贵建议。感谢东华大学提供的科研和工作条件,使我们能顺利地完成其中的研究工作。另外,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。我感到非常欣慰的是东华大学智能系统与网络智能研究所这个研究群体,他们努力工作,协同进步,取得了许多具有重要意义的研究成果。我尤其要感谢任立红、皋磊、张向锋、孙宏彬、刘宝、孟庆华、孙霏、刘再群为本书出版贡献了重要的研究成果。另外,郝矿荣、吴怡之、胡志华、张淑平、孙坚、李汪根、张同亮、许轶超、刘凤鸣、朱莹、李龙飞、黄景文、侯彩虹、徐敏、宋新平、陆星家、赵培英、陈瑞祥、吴笛飞、许逸舟、马欣、石金兰、陈环、刘文杰等为本书的出版所付出的辛勤劳动。

本书出版得到了上海市新闻出版局和上海市科学技术委员会设立的上海科技专著出版资金的资助。感谢上海交通大学出版社为本书的出版所做的工作,没有你们耐心细致的工作,本书的出版不可能如此顺利。

由于本书内容涉及多个学科前沿,知识面广,且时间仓促,再加上作者学识有限,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

东华大学信息科学与技术学院

Email: ysding@dhu.edu.cn

2007年7月

目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 生物系统	1
1.2 生态系统	6
1.3 社会经济系统	7
1.4 人类社会网络	7
1.5 自然启发的网络智能计算	9
1.6 小结.....	24
参考文献	25
第 2 章 基于免疫系统的网络突现模型	29
2.1 引言.....	29
2.2 自然免疫系统.....	29
2.3 免疫网络及其计算特性.....	31
2.4 基于免疫计算的网路突现模型.....	34
2.5 小结.....	43
参考文献	44
第 3 章 面向网络计算的生物网络结构	46
3.1 引言.....	46
3.2 移动 Agent 系统	46
3.3 生物网络结构.....	49
3.4 生物网络结构的重要机制.....	56
3.5 生物网络结构的仿真平台.....	69
3.6 生物网络平台的应用.....	74
3.7 小结.....	88
参考文献	88
第 4 章 面向网格计算的生态网络平台	91
4.1 引言.....	91
4.2 自然生态系统.....	92
4.3 生态网络平台的设计.....	96

4.4	生态网络平台支持服务突现的通信机制	107
4.5	生态网络中 Agent 的宏观迁移模型及其稳定性分析	122
4.6	基于生态网络平台的网格中间件	128
4.7	小结	147
	参考文献.....	147
第 5 章	经济系统启发的下一代 Internet 网络服务	151
5.1	引言	151
5.2	经济网络	152
5.3	信用卡启发的经济网络平台	153
5.4	信用卡管理服务的设计和实现	155
5.5	自适应分布式通知服务突现的实验	158
5.6	小结	160
	参考文献.....	160
第 6 章	社会网络启发的下一代 Internet 网络资源发现	163
6.1	引言	163
6.2	社会网络	163
6.3	社会网络启发的资源发现方法	165
6.4	仿真研究	170
6.5	小结	177
	参考文献.....	177
第 7 章	基于神经内分泌免疫网络的服务突现智能平台.....	179
7.1	引言	179
7.2	基于神经内分泌免疫网络的服务突现智能平台	181
7.3	Web 服务突现平台的设计与实现	182
7.4	普适服务突现的自进化方法	188
7.5	小结	193
	参考文献.....	193
第 8 章	基于社会联盟机制的网络安全平台.....	196
8.1	引言	196
8.2	基于小世界网络的可信 Web 服务联盟管理模型及其安全机制.....	197
8.3	基于社会联盟的安全分层控制模型及其策略	203
8.4	基于邮局联盟的 Web 服务流安全集成模型及其控制策略.....	207
8.5	小结	211
	参考文献.....	212

第 9 章 基于神经内分泌免疫系统的网络控制.....	214
9.1 引言	214
9.2 神经内分泌免疫系统的网络调节机制	214
9.3 基于神经内分泌免疫系统的分布式网络控制	216
9.4 在六自由度微型操作平台中的应用	222
9.5 小结	234
参考文献.....	234

第 1 章 绪 论

使机器具有智能一直是人类的梦想,直到 1956 年人工智能技术的出现,人们已为此作出了巨大的努力。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引起人们的关注。近些年来,一些研究方向如模糊逻辑、神经网络、进化计算、免疫计算、DNA 计算等,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。

自然计算(Nature-Inspired Computation)是指以自然界,特别是以生物体的功能、特点和作用机理为基础,研究其中所蕴涵的丰富的信息处理机制,抽取出相应的计算模型,通常是一类具有自适应、自组织、自学习能力的计算和设计方法,能够解决传统计算方法难于解决的各种复杂问题。自然计算包含了进化计算、神经计算、生物分子计算、免疫计算、内分泌计算、生态计算、量子计算和复杂自适应系统(如社会网络、经济系统、蚁群系统、蜂群系统、物理系统、化学系统)等。自然计算的应用领域包括复杂优化问题求解、智能控制、模式识别、网络计算与安全、硬件设计、社会经济、生态环境等方面。尤其是近年来网络智能的理论与技术得到了迅速的发展,并取得了许多令人激动的研究成果和应用。

本章介绍与自然计算的相关生物背景知识和网络智能的研究成果,从而为后续章节的基于自然计算的智能理论与应用奠定一定的基础。

1.1 生物系统

生物信息系统可看成是一个分布式自治系统,且能提供给科学和工程领域各种富有成效的技术和方法。由生物引发的信息处理系统可分为:脑神经系统[人工神经网络(ANN)]、遗传系统[进化计算(EC)]、免疫系统[人工免疫系统(AIS)]和内分泌系统[人工内分泌系统(AES)]四种类型。其中,ANN 和 EC 已被广泛地应用于各个领域,而 AIS 由于其复杂性没有引起与 ANN 和 EC 等计算领域同等的重视,直到近几年才引起国内外研究学者的兴趣^[1-5]。而 AES 的研究成果则更少,目前还少有关于 AES 的工程应用研究。

1.1.1 生物神经系统

神经生理学和神经解剖学的研究表明,在人类胚胎的形成过程中,神经细胞或神经元从管状结构发展成为中枢神经系统,其中包括脑和脊髓两大部分。脊髓向脑中传入或从脑中传出神经冲动并完成反射活动的调节。一个神经元由细胞体、树突、轴突和轴突末梢组成。树

突和轴突分别负责为细胞体传入和传出兴奋或信息。人脑是由大量神经元交织在一起的网状结构,它能完成智能、思维等高级精神活动。神经系统是机体主要的机能调节系统,它直接或间接地调节机体内各器官、系统的机能来适应内外环境的变化,维持生命活动的正常运行^[6]。因此无论是脑科学还是人工智能都促使人们对人脑的模拟,从而导致了 ANN 的研究。

1.1.2 生物免疫系统

免疫系统是生物,特别是脊椎动物和人类所具有且必备的防御机制。人的免疫系统最为复杂,它由具有免疫功能的器官、组织、细胞、免疫效应分子及有关的基因等组成,可以保护机体抗御病原体、有害的异物及癌细胞等致病因子的侵害。免疫系统的主要功能是免疫防御、免疫稳定和免疫监视。免疫系统基本元素包括巨噬细胞、淋巴细胞及其抗体,抗体识别特定抗原并清除抗原。生物系统具有大量发达的抗体系统,能够处理不断变化的环境。

免疫系统分为两个主要部分:固有免疫系统和自适应免疫系统^[7,8]。固有免疫系统是抵抗抗原感染的第一道防线,抗原多数在这里被阻止。如果固有免疫系统被攻破,则自适应免疫系统针对特定感染病原体开始发挥作用。自适应免疫系统能够记住入侵的抗原特征,预防下一次袭击。适应性免疫调节有两个分支:体液免疫,由 B 细胞及其产物介导;细胞免疫,由 T 细胞介导。这两个分支都对防御遵循类似的步骤顺序——扩增、活化、感应、分化、分泌、袭击、抑制、记忆;但它们以不同方式完成任务。

自然免疫系统是一个复杂的自适应系统,可保护人体不受外部病原体侵害,并把体内所有的细胞和分子分成或者属于自己的种类,或者属于外部来源的非己分子种类。免疫系统不依靠任何中心控制,具有分布式任务处理能力,具有在局部采取行动的智能,也通过起交流作用的化学信息构成网络,进而形成全局观念。生物免疫系统多种多样,具有独特性。同样是人,一个人和另一个人的免疫系统除了本质构成一样,具体的形态、功能则千差万别。

1.1.3 生物内分泌系统

内分泌系统是生理信息传递系统,它通过激素调节机体的生理功能,维持内环境的相对稳定。内分泌细胞将其产生的激素,随血液和细胞间液传送到机体的各部位,对所作用的靶细胞的生理活动起着兴奋性或抑制性作用^[9]。激素的主要生理作用是调节蛋白质、水、盐等物质的代谢,维持机体的内稳态;影响细胞的分裂与分化,使机体正常生长、发育、成熟与衰老;促进或抑制神经系统的发育和活动,与学习、记忆及各种行为密切相关。内分泌系统的主要特征有:

(1) 激素——受体特异性 激素随体液分布到全身各组织器官,但每种激素只能作用在各自特定的靶细胞。

(2) 信号放大系统 激素与细胞结合后,促进细胞内一系列的酶促反应,信号可逐级放大,形成一个高级效能的生物信号放大系统,这就保证了很少的激素分子能产生很大的生理变化。

(3) 反馈调节 机体内外部环境的变化通过感受器影响机体的生理功能,直接或间接作用于内分泌腺,引起激素的释放,从而使相应的组织器官产生适应的生理反应。而机体的生理反应和后级激素的释放,又都会反馈调节前级内分泌细胞的活动,以调控激素的释放量。

(4) 多样化效应 大多数激素对其靶细胞具有多种作用。

(5) 激素的协同与拮抗 激素与激素间往往对某一效应有协同或拮抗的作用。

1.1.4 神经——内分泌——免疫系统

神经内分泌能调控免疫,免疫亦能调控神经内分泌,三者形成完整的调节网络^[10-14]。该网络的运行对免疫调节维持宿主防御功能和内环境相对稳定具有重要意义。这个环路基本上可以被分为两种类型,一种为长轴免疫—神经—内分泌相互作用,另一种为局部相互作用。长轴相互作用是指刺激免疫系统导致免疫源性介质的释放,后者反过来再作用于远处的神经—内分泌组织,影响其功能;而局部相互作用是指免疫源性介质和神经内分泌因子就在它们被释放的组织或器官内发生相互影响。但是必须注意到有时相互作用最初是发生在局部,可能是在外周组织,也可能在脑后;后来便影响到远处的神经内分泌机制,成为长轴相互作用。

1.1.4.1 神经系统与内分泌系统间的影响

神经内分泌网络是指神经系统对内分泌系统或内分泌系统对神经系统的两种相互调节网络。神经系统和内分泌系统是体内起主导调节的系统,它们密切联系,互相配合,共同维持内环境相对稳定。中枢神经系统的下丘脑在维持机体内环境稳定和内分泌调节方面,具有突出的作用。下丘脑释放的许多激素调节着垂体各类激素的分泌,进而调节体内各内分泌腺的激素释放,影响机体的各种机能活动。下丘脑释放的激素液能对垂体外的机体其他一些部分起调节作用。下丘脑是神经系统调控内分泌系统的最高调控中心,处于高级管理地位,是神经系统对内分泌系统进行调控的中枢纽带。内分泌系统每一种激素的分泌都是由下丘脑和垂体协调稳定控制,并具有多种反馈形式,其内部许多调节机制都可以抽象为控制模型。生物神经网络的神经元受体对内分泌系统的激素反应很敏感。

1.1.4.2 内分泌系统与免疫系统间的影响

内分泌系统与免疫系统间有密切的双向调节联系。内分泌激素可以通过免疫细胞上的激素受体,使免疫功能减弱或增强;免疫系统通过细胞因子对内分泌系统发生作用,同一细胞因子对于不同的激素分泌活动的调节具有特异性。

大量的研究已经证明,激素可以导致免疫反应减弱或增强,这取决于激素的种类、剂量和时间。大多数激素起免疫抑制作用,如促肾上腺皮质激素、雄激素、前列腺素等,都属于免疫抑制类神经激素,具体表现为抑制吞噬功能、降低淋巴细胞的增殖能力和减少抗体生成等;只有少数激素,如甲状腺激素、生长激素、P物质、B-内啡肽、催产素和催乳素等可增强免疫反应,属于免疫增强类神经激素,具体表现为促进淋巴细胞的增殖,使抗体产生增多,并可活化巨噬细胞,使吞噬功能增强。

免疫系统对内分泌系统的影响,主要是细胞因子对下丘脑—垂体—肾上腺轴的作用。已证实白介素-6(IL-6)、白介素-1(IL-1)、TNF-A和IFN-C均能刺激垂体—肾上腺轴,引起ACTH和可的松生成增多。另外,免疫系统还可通过免疫细胞产生的内分泌激素和免疫细胞上的激素受体而影响内分泌功能。

1.1.4.3 神经系统与免疫系统的联系

神经系统的交感神经兴奋可减弱免疫机能,而副交感神经兴奋则加强免疫作用;各类神经递质及神经肽可以直接作用于免疫细胞上的相应受体,产生免疫调节效应。神经细胞上存在免疫因子受体,免疫系统可以通过产生免疫因子或神经活性物质,调节神经系统的功能。这样,神经系统通过交感神经和副交感神经影响免疫系统,而免疫系统通过免疫因子等影响神经系统。
此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

免疫系统对神经系统的调节途径是：

(1) 免疫细胞产生的免疫调节物和(或)神经活性物质及内分泌激素,通过旁分泌和自分泌的方式不仅调节免疫系统的功能,还可调节其他系统的功能。

(2) 神经细胞上存在免疫调节物的受体,如白介素-2(IL-2)受体大量分布于海马、小脑、下丘脑和大脑皮质。

(3) 淋巴细胞通过血脑屏障,在中枢神经系统内起免疫监视作用。

经研究发现,动物体内免疫反应可形成条件反射,这是中枢神经系统作用于免疫系统的有力证据之一。条件反射可以延长患自身免疫性疾病小鼠的寿命。另外,条件反射也可导致免疫增强效应。按化学结构的不同将神经递质分为四类,即氨基酸、单胺类、乙酰胆碱类和神经肽类。它们通过旁分泌或突触联系,调节钙离子通道和第二信使的信号开闭,进而对局部区域其他类神经末梢和免疫细胞发挥作用。各类神经递质还可以通过直接作用于免疫细胞上的相应受体,而产生免疫调节效应。

1.1.4.4 神经内分泌对免疫功能的调节机制

神经免疫内分泌学中一个重要方面是神经和内分泌系统(或神经内分泌)对免疫功能的调控。广义上讲,所有的内分泌功能均受神经系统的直接或间接支配,故神经和内分泌系统可用神经内分泌表示。神经内分泌对免疫系统的影响是由激素、神经肽、神经递质的作用所实现,体现于一些典型的生理过程或实验过程中,如应激、妊娠、哺乳或条件性免疫应答的产生等。

可以认为很多神经递质及内分泌激素受体都可以在免疫细胞上找到,所有的免疫细胞上都有不同的神经递质及内分泌激素受体。神经内分泌系统对靶器官的调节作用,往往是通过它们释放的介导物质,即神经递质和内分泌激素。这些介导物质必须和相应的受体相结合才能实现其调节作用。免疫细胞上这些受体就成为神经内分泌系统作用于免疫细胞的物质基础。

很多内分泌激素和神经递质都具有调节免疫系统的功能。目前已知至少有 20 多种激素和神经递质具有这种调节功能,最重要的有肾上腺皮质激素、生长激素和阿片肽。例如,刺激下丘脑可通过促肾上腺皮质激素释放因子引起垂体释放促肾上腺皮质激素(ACTH),通过血流,ACTH 可促进肾上腺皮质释放糖皮质激素,因此形成下丘脑—垂体—肾上腺轴。肾上腺糖皮质激素几乎对所有免疫细胞都有抑制作用,包括淋巴细胞、巨噬细胞、中性粒细胞和肥大细胞等。在机体受到突然的打击,包括精神和躯体的打击(急性应激)时,通过下丘脑—垂体—肾上腺轴的作用,血中肾上腺皮质激素的浓度提高,对免疫功能产生明显的抑制作用,甚至引起某些疾病。这是应激抑制免疫功能的主要途径之一。它成为免疫调节中的一条重要的负反馈通路。由于生长激素(包括生乳素)对免疫功能具有广泛的加强作用,而肾上腺皮质激素则具有广泛的抑制作用。因此有人认为这两类激素在体内形成一正一负的调节,使机体的免疫功能保持正常。而阿片肽等的主要功能可能是机体在各种应激条件下,在更高的水平上做复杂的调节,使机体保持稳态。

1.1.4.5 免疫系统对神经内分泌系统的影响

神经免疫内分泌学中另一个重要领域是免疫对神经内分泌机能的影响。目前这方面的研究进展较快,突出反映在:

(1) 免疫应答的发生和发展可影响中枢及外周神经系统功能活动及经典激素的分泌。

(2) 神经内分泌组织及细胞有多种免疫因子的受体表达。

(3) 免疫因子如白细胞介素可在神经内分泌组织中稳定合成或诱发产生。

(4) 免疫因子借助受体发挥其对神经内分泌系统的广泛影响。

免疫系统可以通过多种途径影响和调节神经和内分泌系统。它可以通过它们产生的细胞因子以及其他的调节物质作用于神经和内分泌系统,还可以通过由免疫细胞分泌的内分泌激素作用于神经和内分泌系统以及全身各器官和系统。免疫细胞在被激活后可以产生多种多样的因子对自身的活动进行调节,又称为免疫调节物。目前大量研究证明,它们还可以作用到神经和内分泌系统,从而影响全身各系统的功能活动。

由于免疫调节物对中枢神经系统具有调节作用,因此神经内分泌系统与免疫系统之间的关系是一种相互作用的双向调节。例如,白细胞介素 1(IL-1)是单核细胞等产生的一种多肽,它不仅在免疫系统内部有调节作用,还具有很多免疫系统外的调节作用。贝泽多夫斯克(Besedovski)等的实验表明,IL-1 可以作用到垂体,通过 ACTH 促使肾上腺皮质激素的释放。在机体受到感染时,IL-1 通过对垂体-肾上腺轴的作用,提高血中肾上腺皮质激素的含量,从而抑制免疫机能,这可能是一条重要的反馈回路。白细胞介素 2(IL-2)由 T 辅助细胞产生的、133 个氨基酸组成的多肽。主要促进杀伤 T 细胞增殖。近来发现在临床应用 IL-2 时可以升高血中 ACTH 含量,并使血中肾上腺皮质激素升高。由于 IL-2 可由病毒、毒素等的刺激而分泌从而促进杀伤 T 细胞及 LAK 细胞增殖,增强免疫功能。而肾上腺皮质激素具有免疫抑制作用,因此 IL-2 促进 ACTH 的分泌可能是这种作用的一条重要负反馈性调节回路。干扰素是由白细胞产生的一种多肽,它可通过干扰素受体发挥作用。

以上研究表明,由免疫细胞产生的细胞因子,它不仅对免疫细胞的功能具有调节作用,它们还可能是神经内分泌系统中的调节物质。神经系统内部也可以产生细胞因子以神经递质的方式调节神经系统的功能。

1.1.4.6 神经内分泌免疫系统的整体作用

神经、内分泌和免疫三大系统虽有各自不同的功能,但在维持机体内环境稳定方面具有相似的活动规律及调节方式,它们相互作用协调形成一个紧密联系的复杂网络。神经系统能够通过其分泌的神经递质来影响内分泌系统和免疫系统的活性;内分泌系统能够通过许多种激素,如生长激素、肾上腺激素等,来刺激或抑制神经系统和内分泌系统的功能;同样,免疫系统能够通过免疫细胞分泌的细胞因子来调节神经系统和内分泌系统的功能。这样,神经系统、内分泌系统和免疫系统三者之间通过细胞因子、激素和受体进行双向信息传递和相互作用,使人体内部的各种生理指标处于一种稳定状态。细胞因子是由神经、免疫、内分泌等共同具有的化学信息多肽物质,不同的细胞因子在体内构成纵横交错的复杂因子网络。免疫系统、内分泌系统和神经系统内部都有着极其严密和精细的调节。免疫系统作为中枢神经系统的感受器官,感知体内环境的化学性和生物性动态变化,神经内分泌对此做精确的调控,保障内环境稳定。神经系统感受外界各种物理刺激,协调内分泌系统和免疫系统共同做出应激反应。

神经内分泌能调控免疫,免疫亦能调控神经内分泌,三者形成完整的调节网络,如图 1-1 所示。该网络对免疫调节,维持宿主防御功能和内环境相对稳定具有重要意义。

神经内分泌系统同免疫系统间有着密切的双向调节联系,形成神经内分泌免疫网络。神经网络处于整个控制网络的最高层,内分泌系统和免疫系统接受神经系统的协调控制。当机体受到外来抗原的侵袭时,免疫系统不仅通过免疫应答来清除它们,而且通过与神经内分泌系统的相互作用,引起神经内分泌系统的功能改变,从而对整个机体进行调节,适应外来抗原引

起的应激反应,进而维持机体的稳定性。下丘脑和神经垂体是神经内分泌系统对免疫系统调节的最上层机构(或称为决策层),它可以直接或间接地对免疫系统发生作用,如图 1-2 所示。直接产生影响的激素就是垂体自身分泌的激素,如生长激素、催乳素等,间接发生作用的是促分泌激素,如促肾上腺激素、促性激素等,再通过腺体分泌激素对免疫系统进行调控。

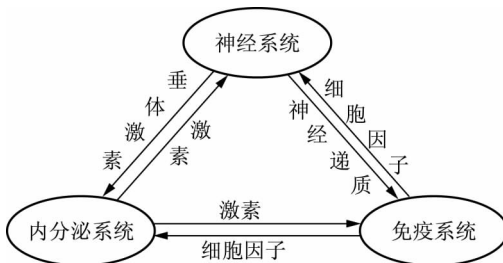


图 1-1 神经、内分泌和免疫系统的相互作用

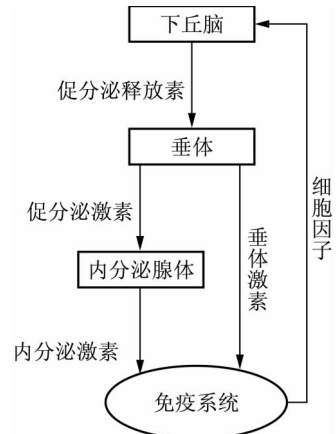


图 1-2 神经内分泌免疫系统的整体作用

1.2 生态系统

任何一个生态系统都是由生物系统和环境系统共同组成的^[15]。生物系统又包括有生产者、消费者和分解者(还原者)。组成生态系统的成分,通过能流、物流和信息流,彼此联系起来,形成一个功能体系生态系统。我们可以形象地把生态系统比喻为一部机器,机器是由许多零件组成的,这些零件之间依靠能量的传递而相互联系为一部完整的机器并完成一定的功能。在自然界中只要在一定空间内存在生物和非生物两种成分,并能互相作用达到某种功能上的稳定性,哪怕是短暂的,这个整体就可以视为一个生态系统。

不论是自然的还是人工的生态系统,都具有下面一些共同特性^[16]:

(1) 生态系统是生态学上的一个主要结构和功能单位,属于生态学研究的最高层次(生态学研究的四个层次由低至高依次为个体、种群、群落和生态系统)。

(2) 生态系统内部具有自我调节能力。生态系统的结构越复杂,物种数目越多,自我调节能力也越强。但生态系统的自我调节能力是有限度的,超过了这个限度,调节也就失去了作用。

(3) 能量流动、物质循环和信息传递是生态系统的三大功能。能量流动是单方向的,物质流动是循环式的,信息传递则包括营养信息、化学信息、物理信息和行为信息,构成了信息网。

(4) 生态系统中营养级的数目受限于生产者所固定的最大能量和这些能量在流动过程中的巨大损失,因此生态系统营养级的数目通常不会超过 5~6 个。

(5) 生态系统是一个动态系统,要经历一个从简单到复杂、从不成熟到成熟的发育过程,其早期发育阶段和晚期发育阶段具有不同的特性。

生物系统中的不同形式、不同状态的能量是可以储存和相互转化的,而生态系统中的能量流动,是借助于食物链和食物网来实现的。因此食物链和食物网是生态系统中能量流动的渠道。

1.3 社会经济系统

现代经济社会网络组织是以专业化联合的资产、共享的过程控制和共同的集体目的为基本特性的组织管理方式。更有人从系统学的角度提出,网络组织是一个由活性结点的网络联结构成的有机的组织系统。在网络组织系统中,信息流驱动网络组织运作,网络组织协议保证网络组织的正常运转,网络组织通过重组来适应外部环境,通过网络中各个企业的合作创新实现网络组织目标。具体说来,网络组织系统包括许多不同的企业体,这些企业各自专门负责整个流程中具有竞争优势的活动,并通过彼此间的合作网络,完成全部的职能。

信息技术和计算机网络的发展使知识在管理者和劳动者之间进行流动和共享,纵横交错的信息渠道造就了网络型的组织结构,建立了一种紧凑的、富有弹性的灵活、高效、快速反应的团队组织。这种网络型组织是一种运作灵活、力量强劲、富有强大生命力的新型企业模式。企业的界限模糊,因为网络型组织打破了传统组织机构的层次和界限,各个网络成员出于某种战略考虑,本着自愿互利原则组成某种松散型的网络合作关系,彼此无上下隶属关系,完全是一种弹性的伙伴关系。知识在具体合作项目或规划中,根据某些原则或协议确定控制权,而且,有些网络型组织也突破了行业界限,一般有一些独立企业(如制造商、分销商、供应商)、科研机构或竞争对手以各自相对具有的优势为结点组成临时网络。因此,以市场机会为组合动机的网络型组织不同于传统企业以特有产品为核心构件的企业组织,可能是长期的合作,也有可能是临时的合作,其运作灵活,更加适合以知识为基础、以人才为核心的知识经济形态。

大量经济启发的机制,如双向协商、拍卖、合同网、基于投标的资源分配,都已经被提出用于解决工程问题。其中,基于市场的控制方法是应用得最成功的一个。在现实的市场中,参与者带着效用最大化的目的,买卖他们的商品和服务,这导致了在动态和不确定的市场环境中资源的高度分配。在很多领域可发现基于市场控制的例子:分布式资源分配、工厂调度、制造业系统、能量分布、自动定价系统、污染管理。这些机制影响分布式的、无中心的系统的设计,尤其是当少量的资源被大量的消费者请求的时候。但这些机制着眼于资源分配类型的问题,没有涉及服务构成方面。

1.4 人类社会网络

人类社会具有很多独特的特点,例如人们之间有着天然的方式去查找信息或资源。有证据表明,这种在大型社会网络中依靠相识关系的搜索是非常有效的。20世纪60年代,社会学家 S. Milgram 在“小世界”方面的先驱性工作就表明:美国任意两个随机选择的人被六个或者更少的相识关系链联系,这就是人们所熟知的流行文化概念“六度分割”。因为人们不可能具有关于网络的全局信息,所以平常人能够通过他的相识关系网络及很少的步数将信息直接传送给一个特定的、远方的人是令人惊诧的。这不仅启示了在一个大型社会网络中个体之间短路径的存在,而且表明普通人可以找到这种短路径。此外,一些研究工作正在解释社会网络的

可搜索性。上述研究^[17-22]表明社会实体(能够独立决策和自主行为)和实体之间的社会关系提供了一个完全无中心的、天生自适应的、可生存的、个人对个人的信息资源的收集和散布通信方法。

人类社会是一个人类本身服务协同的巨大生物群落。在这个群落中,人类无时无刻不享受着别人提供的服务,而且自身也为别人提供服务。任何人都不能离开社会而独立存在。因此,“我为人人,人人为我”的服务现象是人类社会的本质特征之一。

人类社会的联盟表现在社会的正常秩序的维护组织形式上。例如国家是个政治上层建筑的联盟,在国家中,有各种各样的联盟方式:军队系统、公安系统、工商系统、行政系统等等。这些系统都彼此独立而又协同工作。在联盟的框架下共同维护着社会的正常秩序。联合国是世界上国家之间构成的巨大社会联盟。

人类社会的联盟还表现在人类社会的工作组织形式上。我们知道每人都有自己的工作,在工作中创造价值,为别人提供服务。观察人们工作的交互组织方式,几乎都是有结构的,即每个人的工作都有输入和输出,都有上下级关系。同种工种的人组成了工作班组,不同的工作班组组成了车间,不同的车间共同完成一个复杂产品的生产、销售、服务的流程。因此,跨国企业就是这样一种服务的社会联盟形式。而且,更多的服务形式,例如不同服务实体间的授权加盟、连锁服务,而且万国邮政联盟也是这样的一种服务的社会联盟方式。现在出现的虚拟企业和敏捷制造,都是社会服务联盟的新形势。

社会联盟在人类社会如此普遍,说明联盟机制也是人类社会服务在自然选择中自我进化的结果。总结人类社会的联盟机制,其特点有:

(1) 社会联盟都有分层控制的特点,上下层之间有连锁反应,下层有了安全事件,上层会通知所有的下层进行协同运作。

(2) 同层之间彼此协同运作,信息共享,特别表现为服务接口的一致性、兼容性,正如邮局服务一样,有很好的兼容性和稳定性。

(3) 社会服务联盟的共同目标成本最低、利益最大,这在社会的各种服务连锁经营现象中尤为突出;在保证共同利益的前提下,各个实体实现自己的利益最大化。

正因为人类社会联盟有利益共同、协同运作的特点,所以当大规模的外部病毒或社会危机袭来时,这些社会联盟组织会为了人类自身的共同利益,彼此协调运作,信息得到及时共享和传播,有利的预防措施也会迅速地在整个社会中得到推广和普及,从而在非常短的时间内构建起一道道防护屏障。可以看出,社会具有免疫特性,具体表现在:

(1) 社会免疫类似于人体免疫,会经过一个从无到有的过程,从未知病毒或未知危害到有意识的觉醒、防御,产生免疫抗体。在以后的类似危害或病毒对抗中,会充分迅速地调动社会联盟机制,及时而准确地建立起防护屏障。这说明人类社会的免疫特性是基于社会联盟机制发展起来的。

(2) 社会免疫特性有慢速“免疫记忆”和快速的“免疫唤醒”特点。即社会个体在经过与规模爆发病毒或社会危害的斗争后,会产生社会免疫抗体而产生“免疫记忆”。社会个体会把这种经验在联盟范围内广泛传播,让其他个体也具有这种免疫特性。如果社会联盟的其他个体在某个时候遇到了类似的社会威胁,它会把这些威胁信号通过社会联盟机制迅速地传播出去,而产生大量的免疫抗体,从而防止大规模危害的发生。这说明社会免疫特性的记忆基础是人类社会的信息共享,有结构的社会联盟则为这种共享信息的传播提供了物质基础,从而也为社

会的共同利益而迅速构建起多层次的社会防御体系。

(3) 社会联盟中,如果个体利益受到攻击,会根据攻击发生的情况进行逻辑搜索——数据挖掘和知识发现,并根据有关关联特性协同追踪,最终会破译社会危害或规模病毒的最终根源。这在人类社会的保安警察系统的案件破获过程中表现得尤为突出,这种特点是人体免疫系统所没有明显表现出来的。我们称之为社会免疫的反向追踪和事务回滚特性,这主要来源于人类自身有着逻辑思考的特点,可以在社会联盟内根据有关踪迹进行线索追踪和攻击源的定位。

总之,人类社会的联盟机制和社会免疫特性不仅能保证服务联盟的协同稳定,而且有对服务协同监控和反向服务追踪的特性。这对于分布式无中心控制的应用系统具有很大的借鉴意义,它既可以帮助这些系统维护服务的高效协同,资源的合理优化,也可以对危害系统的大规模入侵或事务逻辑错误进行有效的防护和漏洞的反向定位。因此,社会联盟机制,对于大规模的 Web 服务应用系统更有实际借鉴意义,同时对于提高 Web 服务的稳定性、服务的协同性有着天然的借鉴意义。

1.5 自然启发的网络智能计算

1.5.1 自然计算

自然计算是指以自然界(包括人类社会),特别是以生物体的功能、特点和作用机理,个体与群体的相互作用机理、生物体与环境相互作用机理为基础,研究其中所蕴涵的丰富的信息处理机制,抽取相应的计算模型、架构、方法,并应用于各个领域。它包含了进化计算、神经计算、分子计算、人工免疫系统、人工内分泌系统、生态计算、量子计算、蚁群系统和复杂自适应系统等在内的众多以自然界机理为基础的研究领域,具有模仿自然界的特点,通常是一类具有自适应、自组织、自学习能力的算法,能够解决传统计算方法难于解决的各种复杂问题,在大规模复杂系统的优化设计、优化控制、计算机网络安全、创造性设计等领域具有很好的用途。

较之进化计算,自然计算含义更广。进化计算着重于生物的进化过程。然而,科学家注意到许多非进化系统的原理和思想也是非常有用的,例如蚁群系统^[23-25]和进化系统毫无关系,可是抽取出来,在工程应用方面取得了令人瞩目的成功。此外,除了生物、生态系统,许多经济学、社会学、物理模型、化学模型都可以抽取成为计算算法。从学科发展的角度来看,自然计算的研究是各类自然科学(特别是生命科学)和计算机科学相交叉而产生的研究领域,它的发展完全顺应于当前多交叉学科不断产生和发展的潮流。

1.5.2 生物信息系统

自古以来,人们就对生物界有着浓厚的兴趣,并不断地从生物系统的结构功能及其调节机制中获得灵感。从 20 世纪中叶开始,研究热点也正是围绕着生物系统尤其是人类自身功能及结构的模仿。在生物世界中,大规模系统都是由分散的、自治的个体组成,个体的行为和生存不依赖于某个中心个体。然而,这些大规模的系统已形成许多机理使它调整自己,适应外界环境的变化,并在环境中生存。对生物世界中大规模系统的研究能带给工程领域很多富有成效的智能技术和方法。在大规模的生物系统中有一些关键概念: