

神经网络—— 人工智能与数字人体的结合点

□ 龚也君* (北京师范大学数学系 北京 100875)

摘 要: 神经网络是“数字人体——人体系统数字学”研究的重点,而神经网络作为人工智能领域的“领头羊”,是在对大脑神经网络模拟的基础上发展起来的算法系统。将数字人体与神经网络相结合,是生命科学与人工智能领域融合发展的结果。该文介绍了神经网络的概念特征,数字人体对神经网络发展的启发性作用,和神经网络在数字人体领域的应用潜力。

关键词: 数字人体 神经网络 神经计算机

一、引 言

数字人体是信息化、数字化的虚拟人体,它以人体系统为研究对象,利用现代网络、计算机和信息处理技术,加深对人体系统本身的认识^[1]。神经网络是人体的主要功能调节系统,它的信息获取(“数字感官”)和并行信息处理方式(“数字人脑”)都是数字人体研究的重点^[2]。

人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)是模拟大脑神经系统的计算系统,是对生物神经网络(Biological Neural Network, BNN)的简单抽象。因此,ANN具备许多与人脑类似的良好性质,如非线性处理能力、巨量并行性、分布式存储等,较之以往的串行处理电子计算机功能更为强大。这使ANN得到许多不同领域专家的关注,并推广应用。

这些领域包括医学、信息科学、计算科学、生命科学、控制、商业、管理、遥感、模式识别、图像处理、语音技术等。

将神经网络与数字人体的研究相结合,是生命科学与信息科学融合的自然结果,对二者的发展都将起到推动作用。

二、神经网络概念及特征

人工神经网络(artificial neural network, ANN,又称神经网络,或神经计算机)是一类由结点(又称神经元)相互联结所组成的计算模型,每一结点通过简单的运算完成对输入的计算,然后结果通过连接传到其他结点(理论上亦可传到自身)^[3]。形式上,ANN可以表示为非线性的有向图,结点对应神经元,连接对应神经元传递信号的突触,连接权值对应突触的强度,可以通过学习进行调整(如图1)。

ANN作为对大脑神经系统的模拟,对输入信号

收稿日期:2004-12-11

修回日期:2005-02-06

* 联系人:龚也君,女,硕士研究生,研究方向:应用数学,Tel: 010-58801033, E-mail: gongyejun@126.com.

114 [World Science and Technology / Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica]

有着类似大脑的强大的反应和处理能力如下:

①高度非线性化: ANN 可以逼近任意非线性函数。

②巨量并行型性: 多个神经元并行处理输入信息, 用一定的空间复杂性来有效地降低时间复杂性, 可以大大改进算法的速度。

③分布式存储: 人脑的记忆和智慧不是存储在单个细胞内, 而是存储在细胞相互联结的网络之中。在人工神经网络中, 每个神经元不仅是一个计算单元, 还能以权值形式存储一定信息。

④高度容错性: 信息的广泛、分散地存储, 使得匹配时噪声、畸变引起的局部误差的影响大大减小。

⑤自适应学习能力: 根据外界输入, 改变联结权值, 重新安排神经元的相互关系, 自适应于外界变化。

这些特点使得人工神经网络作为一种计算系统在性能上明显优于传统的串行处理计算机, 以至从在上个世纪 80 年代中后期起, 掀起了一股开发神经网络(神经计算机)的热潮。目前, 神经计算机、神经芯片等仍为世界信息高新科技的竞争热点。

三、数字人体对人工神经网络发展的启发

数字人体技术为人体神经系统的研究提供了大量丰富的信息, 包括生物神经网络的结构、信息输入及处理方式等。作为 BNN 简单模型的 ANN, 是在向 BNN 的不断学习中发展前进的。

1. 神经元

生物学上的神经元(图 2)就是神经细胞, 由细胞体和细胞突构成。细胞突包括树突和轴突。树突的功能是接受从另一个神经元传来的神经冲动, 并传向神经细胞体。轴突的功能主要是将胞体传来的神经冲动传给其他神经元或效应器。突触是一个神经元与另一个神经元接触并进行信息传递的接触点^[4]。

1943 年, 美国心理学家 Warren S Mcculloch 与数学家 Walter H Pitts 模拟生物神经元的结构, 构造了第一个人工神经元模型, 简称 MP 模型^[5], 如图 3。

其中, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ 为输入信号, 组成输入向量 X , 它们分别对应权值矩阵 W 的元素 $w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{mj}$ 。 θ_j 为偏置值。设 n 为净输入, 是所有输入的

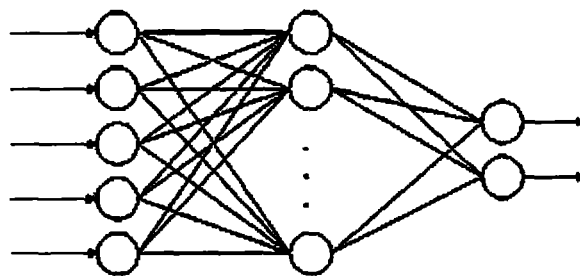


图 1 典型的三层神经网络

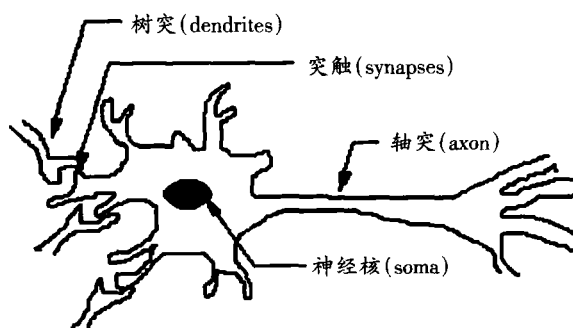


图 2 生物神经元示意图

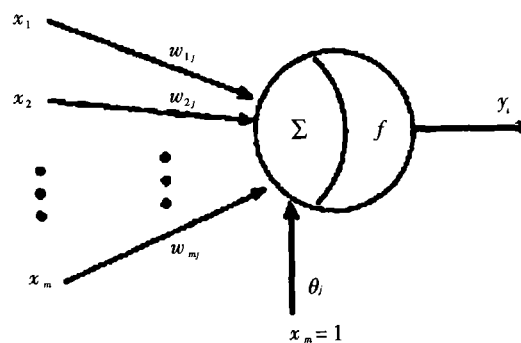


图 3 具有 m 个输入的人工神经元

加权和与 b 的累加, 则: $n = w_{1j}x_1 + w_{2j}x_2 + \dots + w_{mj}x_m + \theta_j = WX + \theta_j$ 。

f 为传输函数, y_j 为净输出, 有: $y_j = f(WX + \theta_j)$ 。

人工神经元是人工神经网络的基本组成单位和计算单元。其中, 输入信号端(树突), 可从外界环境或其他的人工神经元取得信息, 并对联结权值(突触强度)求加权和, 获得的净输出 n 在神经元(胞体)内作简单运算, 通过输出端(轴突)将结果输出到外界环境或其它人工神经元。

2. 向量表达

上面已经看到神经元用向量 X 表示输入。这种向量表达方式与感觉神经元对外部世界刺激编码类似。

例如,人类视网膜上,有三种不同的色敏感细胞(锥细胞),这三种细胞分别对应短、中、长波敏感,而每一种颜色由这三种细胞的相对兴奋水平 $S_{短}$, $S_{中}$, $S_{长}$ 唯一刻画。因此,五彩缤纷的外部世界在大脑中由向量 $(S_{短}, S_{中}, S_{长})$ 表示,这就是色觉编码。

事实上,其他的感系统皆可用向量表示外部世界刺激,同时,神经元的位置、激活水平、联结权重等均可用向量表示。类似的,人工神经网络对外界的表示、系统的内部状态以及输出也均由数字向量表示,这是人工神经网络的基础假设之一^[6]。

3. 学习规则

大脑的学习过程就是神经元之间连接强度随外部刺激信息做自适应变化的过程^[7]。人工神经网络也可以对不同节点之间的连接权重进行训练。用一组已知数据输进网络,网络根据这些数据来调节不同连接节点之间的权重矩阵 W ,直至实际输出与期望输出相同或相似。

在各种学习理论中,1949年心理学家 Hebb 提出的“突触修正假说”最为著名^[8]:

①如果一个突触两端的神经元同时兴奋或抑制,则其强度应得到加强。

②如果突触两端的神经元,一个兴奋而另一个抑制,则其强度应该减弱或取消。

4. 自组织结构^[3]

自组织映像(Self-Organizing Map; SOM)神经网络是由 Tuevo Kohonen 在 1979 年到 1982 年间所发展完成的一种以竞争学习为基础的神经网络模式。

外部环境的刺激通常需由高维向量甚至是无穷维的向量来表示,大脑皮层作为一个平面接收这些高维刺激,为我们提供了自然界如何将高维数据有效的表示到二维空间的一个范例。自组织特征映射的目的之一就是寻找一种算法,形成这种表示结构。

另外,大脑中有相似功能的脑细胞往往聚集在一起,譬如人类大脑中有专门处理视觉、听觉、味觉

等的区块,简单的说,脑神经细胞“物以类聚”。SOM 网络的另一个目的就是模仿这种特性。SOM 网络中输出处理单元会互相影响,当网络学习完成后,其输出处理单元相邻近者会具有相似的功能,而形成各种聚类区域。

除了以上四点,神经网络受到生物学的启发还有很多,如硬极限输入函数的生物学背景:当刺激大于神经细胞阈值时,才能激发神经细胞;模拟人类思维的模糊性特点的模糊逻辑与神经网络结合产生的模糊神经网络^[9-10];将模拟自然寻优过程的随机性、鲁棒性和全局性的遗传算法(GA)应用于神经网络的联结权值优化学习过程^[11]。

可以看出,有效地将人体系统的研究成果应用到人工神经网络中,总可以产生一种新的网络结构,或者对学习规则加以改进。因此仿生学研究作为人工智能的一种重要研究途径,可以在数字人体与神经网络研究之间寻找良好的沟通点。

四、神经网络对数字人体研究发展的潜在作用

神经网络作为人工智能的前锋,已经在很多领域得到了广泛的应用,它在这些领域或直接或间接对数字人体的研究产生作用。

1. 直接应用

神经网络是计算神经科学的代表,可以对神经系统信息处理规律进行计算性探索^[12],从而在对“数字人脑”^[12]、“数字感官”等的研究上发挥重要的作用。

在神经网络水平模拟大脑皮层的工作是极其困难的。一方面,对大脑的了解还十分浅显,结构和细胞函数许多都是未知的。另一方面,任何进化控制系统都不是普通的复杂,很难用简单的模型精确表达它们。但是,这种尝试仍是必要的。事实上,即使那些与已知大脑结构存在根本矛盾的模型也可以有效解释某些真实的皮层机能。比如 Marr's (1971) 关于海马结构的模型至今仍有影响。

已有许多科学家尝试用神经网络对大脑工作建立模型,如:大脑皮层记忆与更高认知函数的神经网络模型^[13];小脑神经网络模型^[14-15];视网膜人工神经元网络模型等^[16];比例类推神经网络模型^[17]。

这些模型为研究大脑信号接受和处理机理提供了工具,更对“数字人脑”、“数字感官”的研究起到了直接作用。

2. 间接应用

数字人体科学是医学科学技术、信息科学、计算机科学、生命科学和计算机技术的高度综合^[1]。而神经网络在上述几个领域都有应用,因此,神经网络对于数字人体的研究在这几个领域都有间接作用。

图像处理技术对于数字人体的科学可视化作用不容忽视。而神经网络在图像预处理、图像压缩、图像增强、图像重建、图像分割、对象识别、图像理解等图像处理分析领域都有应用^[18]。

数字人体是一个复杂的系统工程问题,需要很大的输入数据场,具有海量信息,包含大量网格点,且要由很大的程序码来运转,必须在超级和巨型计算机上运行才能求得满意的结果。神经计算机技术尽管还不成熟,但作为并行计算系统,在运行速度上无疑比传统计算机更具优势^[1]。

数字人体要管理海量的空间数据和属性数据及其他数据,由于存储容量的限制,在集中存储与管理的基础上,可能需要适量分散以提高存取及更新的速度,神经网络方法分布式存储的特点,正可提供很好的启发。

神经网络在生物控制领域的应用^[19]也可为经脉数字人体的研究提供启发。

五、结 论

数字人体科学可以为神经网络提供很好的生物学启发,反之,人工神经网络作为从生物神经网络中演化出来的算法系统,在处理具有不确定性、巨量性、复杂性等特点的数字人体科学研究中,无疑比一般的算法具有更大的优势。二者的融合发展,是人工智能领域与数字人体研究又一结合点。

参考文献

- 毕思文. 数字人体——人体系统数字学总论. 中国医学影像技术. 2003年第19卷204号,1-8.
- 袁彩霞. 人体神经系统的研究与启示. 中国医学影像技术. 2003,19(204),72-73.
- 徐宗本,张讲社,郑亚林. 计算智能中的仿生学:理论和算法. 科学出版社,2003. 5.
- 《人体解剖学》编写组. 人体解剖学. 高等教育出版社,1998(2000重印). 44-47.
- W. McCulloch and W. Pitts, "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity", Bulletin of Mathematical Biophysics., Vol. 5, pp. 115-133, 1943.
- (美)哈根(Hagan, M. T.);戴葵等译. 神经网络设计. 机械工业出版社,2002. 9.
- D. O. Hebb, The Organization of Behavior. New York: Wiley, 1949.
- 郭燕慧,王枫,刘建毅. 数字人体与人工智能——生命科学与信息科学的融合. 中国医学影像技术. 2003年第19卷204号,22-24.
- 张凯,钱锋,刘漫丹. 模糊神经网络技术综述. 信息与控制. 第32卷第5期,2003年10月,431-435.
- Timon Chin-Ting Du, Philip M. Wolfe. The amalgamation of neural networks and fuzzy logic systems—a survey. 17th International Conference on Computers and Industrial Engineering. Computer and Engineering. Vol. 29, No. 1-4, 1995, 193-197.
- 文绍纯,罗飞,付连续,莫鸿强. 基于遗传算法的人工神经网络的应用综述. 自动化与仪器仪表. 2001年第6期(总第98期),1-4.
- 韩力群,涂序彦. “数字人脑”模型与信息处理机制研究. 中国医学影像技术2003年第19卷第12期,1610-1612.
- Vogel, David. A neural network model of memory and higher cognitive functions in the cerebrum. Behavioral and Brain Science. April 9, 2004. <http://www.bbsonline.org/documents/a/00/00/11/77/index.html>.
- J S Albus. A New Approach to Manipulator Control: The Cerebellar Model Articulation Controller (CMAC). J of Dynamic Systems, Measurement and Control, 1975,97(3): 220-227.
- J S Albus. Data Storage in the Cerebellar Model Articulation Controller (CMAC). J of Dynamic Systems, Measurement and Control, 1975, 97(3): 228-233.
- 韩力群. 人体感觉机制的模型化和数字化. 中国医学影像技术, 2003年第19卷204号. 63-66.
- Jani NG, Levine DS. A neural network theory of proportional analogy—making. Neural Network. 2000 Mar; 13(2): 149-83.
- M. Egmont-Petersen, D. de Ridder, H. Handels. Image processing with neural network—a review. Pattern Recognition 35 (2002) 2279-2301.
- W. Thomas Miller III, Richard S. Sutton, Paul J. Werbos. Neural Networks for Control. The MIT Press. March 1995.

(责任编辑:毕思文 张志华)

Through the analysis of the urgent situation in the inheritance and sorting – out of the experience of famous veteran TCM doctors and the assessment of the superiority and insufficiency in the method of the present study on the experience of famous veteran TCM doctors in China, this article puts forward possible approaches to the solution of the existing problems and introduces the integral thinking of the major program “Study on Clinical Experience of Famous Veteran TCM Doctors on the Basis of Information and Data Mining” financed by the Science and Technology Commission of Beijing Municipality, and looks into the future of the program.

Key Words: experience of famous medical doctors, data warehouse, data mining

System of Intelligent Diagnosis of Traditional Chinese Medicine in Long – distance Pulse – taking of Digital Human Body on the Basis of Network Environment

Gao Peiyuan, Wang Yan and Wang Xiaoxia

(School of Information Engineering, Beijing University of Technology and Business, Beijing 100037)

This article mainly expounds the principles of pulse – taking in traditional Chinese medicine, analyzes the feasibility of digitalization of pulse – taking, describes the design scheme for the diagnostic system of digital pulse – taking and the tentative idea about long – distance domestic diagnosis and looks into the future of application of the system.

Key Words: digital human body, digitalization of pulse – taking, long – distance diagnosis

Epidemiological Investigation on Characteristics of Computerized Tongue Picture of Crowd in Critical Hypertension and Symptoms of Traditional Chinese Medicine

Zhang Yangtao, Liang Rong, Wang Zhaoping, Li Fanglin and Fan Yan (Department of TCM Diagnosis, School of Basic Medicine, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100029)

Critical hypertension is situated in an intermediate state, which may either return to normal or develop towards hypertension. In this article the comparative study of critical hypertension is emphasized via the characteristics of computerized tongue picture and TCM symptoms of both healthy people and people suffering from critical hypertension, which reveals that most of the suffered have the symptoms of water dampness and qi and yang deficiencies, indicating that such pharmacological changes as dissipating deficiency, dissipating dampness and dissipating coldness exist in the pathogenetic process of hypertension.

Key Words: Critical hypertension, Characteristics of computerized tongue picture, symptom, epidemiology

Neural Network —— Junction of Artificial Intelligence and Digital Human Body

Gong Yeyun (Beijing Normal University, Beijing 100875)

Digital human body —— the digital science of human body System emphasizes the study of the nervous system of human beings while, as a foregoer in the area of artificial intelligence, neural network is of an algorithm system, which has developed on the basis of the simulation of nervous system of human brain. The combination of digital human body and neural network in study results from the fusion and development of biological science and artifical intelligence. This article presents the conception and characteristics of neural network, the enlightening role of digital human body in the development of neural network and the potentiality of application of neural network in the area of digital human body.

Key Words: digital human body, neural network, neural computer

Objectively Quantitative Study of Theory and Method of Pulse Condition in Traditional Chinese Medicine

Wang Yan (School of Information Engineering, Beijing University of Technology and Business, Beijing 1000)

The system of human body is a complex time – varying non – linear system and pulse condition is one of the output signals of human system. The sphygmology of traditional Chinese medicine constitutes a diagnostic method with unique characteristics in the traditional medicines of China. Nevethless, it has not developed in an objective and scientific way for quite a long time due to the inference of “The theory of pulse condition is too profound to know its expression and to judge it via taking pulse by fingers though it is understandable in mind.” At present, the quantitative study on the signals of pulse condition is still in a period of exploration in China and abroad, and a systematic and efficient method of analysis and study of the signals of pulse condition has not been established yet. To accomplish the objective study of the signals of pulse condition qualitatively and quantitatively, it is necessary to find out an objective and complete but uncomplicated and efficient method for handling the signals of pulse condition. In accordance with the viewpoint of modern cybernetics the interior state of a system can be able to be understood by the output signals of the very system. Therefore, on the basis of the viewpoint that the output signals of pulse condition of the complex system of human body are taken for the object of study and modern system theory and signal processing method are combined with the traditional sphygmology of China, the study of pulse condition in traditional Chinese medicine may step into a more scientific way. In this study the method of combining time domain and frequency domain (dimenssion) has been used to analyze the signals of pulse condition, time – frequency analysis and wavelet theory have been introduced to achieve the pre – processing and characteristics of the signals of pulse condition, fuzzy set theory is applied to classify and recognize the signals of pulse condition, and the technology of fuzzy neural net has been taken to further classify and recognize as well as optimize the signals of pulse condition and design databanks for pulse – taking experts before the method of objectively quantitative study of the theory of pulse condition is established systematically and all – roundly.

Key word: pulse condition in traditional Chinese medicine, objective quantification, time – frequency analysis, wavelet analysis, fuzzy theory, neural net, expert system