

“211工程” 矿产资源勘查开发与地学信息重点学科 资助
中国地质大学出版社 基金

人工神经网络

模拟实现与应用

陈守余 周梅春 著

中国地质大学出版社

“211 工程”矿产资源勘查开发与地学信息重点学科
中国地质大学出版基金

资助

人工神经网络模拟实现与应用

陈守余 周梅春 著

中国地质大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人工神经网络模拟实现与应用/陈守余, 周梅春著. —武汉: 中国地质大学出版社, 2000. 9
ISBN 7-5625-1569-7

I. 人…

II. ①陈…②周…

III. 人工神经网络-模拟实现-应用

IV. TP183

人工神经网络模拟实现与应用

陈守余 周梅春 著

责任编辑: 梁涤坚 吴巧生

责任校对: 胡义珍

出版发行: 中国地质大学出版社出版发行(武汉市洪山区鲁磨路 31 号) 邮编: 430074

电话: (027)87482760 传真: 87481537 E-mail: cbo @ cug.edu.cn

经 销: 全国新华书店

开本: 880 毫米×1230 毫米 1/16

字数: 360 千字 印张: 11.625

版次: 2000 年 9 月第 1 版

印次: 2000 年 9 月第 1 次印刷

印刷: 中国地质大学出版社印刷厂印刷

印数: 1—1000 册

ISBN 7-5625-1569-7/TP·28

定价: 29.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前言

人工神经网络(Artificial Neural Network—ANN)是数理科学与认知科学相结合的产物,是20世纪科技进步的主要成就之一。它引人注目的特点来自于其特有的计算能力,首先是规模的分布式结构,第二是学习的能力。由于神经网络具有适应性及非线性动力学的特性,以独特的结构和信息处理方法,被认为对非线性函数具有逼近能力和性质,甚至被认为能解决传统计算机极难求解的复杂行为系统、混沌现象中的一些问题,例如:通过模拟大脑神经网络处理、记忆信息的方式对各种错综复杂的信息进行知识识别分类和目标预测。在地学领域,人工神经网络对矿产资源预测、含油气性综合评价、遥感数据处理、地质体识别与分类、土地规划与管理、数据融合、数据挖掘与知识发现等有极其广泛的应用前景和科学研究价值。

人工神经网络是并行分布式系统,采用了与传统人工智能和信息处理技术完全不同的机理,克服了传统上基于逻辑符号人工智能在处理直觉、非结构化信息方面的缺陷,开始了具有自适应、自组织和实时学习的系统理论框架研究。由于它所体现出的联想、记忆、学习和非线性动力学性质,成了人工神经网络发展巨大的推动力,使人工神经网络成为发展最为迅速的一门学科。

在这个20世纪80年代后期掀起研究高潮的领域里,目前国内与国外、理论与实现技术、地球科学与信息工程学科存在着很大的差距。我国广大研究工作者面临着资料少、理解难、缺少应用方法等难题。进入90年代,我国相继出版了一些人工神经网络的有关书籍,存在的主要问题是在原理上以编译国外出版物为主体,表述不够通俗易懂;网络模型及学习算法上数学专业化比较强,推导复杂;模拟编程实现及软件设计方面多以高级语言(Turbo C、BASIC、FORTRAN)为主,容错性差、数据容量小、可视化程度低,有一些作者采用机器语言来实现神经网络算法,对于应用研究者难以操作;应用领域多局限于文字识别、自动控制、图像分类、生物医疗等方面,实际应用(特别是地学领域)及方法论偏少。

本书旨在理论上尽可能避免复杂的数学推导,借助实例,以通俗易懂的表述方式引申神经网络的基本概念;软件实现方面,以最新的Visual C++面向对象编程思想和友好的汉化界面进行模拟实现;方法上以实际应用为主线,以作者近10年多项科研项目的应用研究为依据,开拓应用思路和方法。在写作风格上尽可能地做到具有系统性(从理论入门、软件实现到应用研究实践)、创新性(编程及应用开发思路是最近两年国内外研究的新起点)和实用性。

本书是融现代人工神经网络理论入门、模拟编程实现和实际应用方法为一体的书籍。介绍了人工神经网络的发展历程、研究内容、信息处理的特点以及应用概况。深入浅出地阐述了人工神经网络的基本结构、示教学习机理、联想记忆方式及模式识别能力,结合简单实例解剖了比较成熟而且常用的几种人工神经网络模型、算法及实现的途径。并较详细地介绍了利用最新Visual C++编程技术进行软件设计、模拟实现的思路和软件的功能。以地学中的应用为主线,探讨了神经网络在矿产资源预测、含油气性综合评价、最新数据挖掘技术、遥感图像处理、环境质量评价、地球物理位场识别等方面的应用,结合作者近几年的研究工作,突出神经网络实际应用的方法和最新研究成果。

全书共分十章,其组成与分工如下:前言(陈守余);第一章,概述(陈守余);第二章,人工神经网络的基本概念(陈守余,周梅春);第三章,人工神经网络主要模型与基本算法(陈守余);第四章,人工神经网络模拟实现(周梅春,陈守余);第五章,地学信息提取与神经网络建模(陈守余);第六章,陕西勉略宁地区人工神经网络“5P”找矿地段圈定(陈守余);第七章,人工神经网络含油气性综合评价(陈守余);第八章,人工神经网络数据挖掘(陈守余);第九章,人工神经网络遥感数据处理与应用(陈守余);第十章,人工神经网络在相关领域中的应用(陈守余);附录一,BP神经网络动态连接库(周梅春);附录二,ART神经网络动态连接库(周梅春);附录三,SOM神经网络C语言算法子程序(陈守余)。

余)。由陈守余负责全书的编写和统稿工作。

在第五章和第六章作者学习并引用了赵鹏大院士的学术思想;书中得到了文献中诸多作者的恩惠启迪,并部分引用了他们的学术观点和资料;人工神经网络含油气性综合评价应用研究的探索,起步于费琪、王家映教授负责的863《油气资源储量序列综合分析评价子系统》项目,得到了费琪教授的许多指导;在数据挖掘应用和软件设计风格方面得到了胡光道教授许多启迪;姚书振教授、张均教授对本书的出版给予了许多的关心和帮助。在应用研究中,得到了国家科委“九五”攻关96—914—05项目、国土资源部“九五”资源与环境科技攻关95—02—002项目04课题、国土资源部矿产定量预测及勘查评价开发研究实验室基金项目的资助;同时得到了陕西地矿局汉中地质队、云南地矿厅信息中心、胜利油田计算中心和地质研究院等单位的大力支持和帮助。本书的出版得到了中国地质大学“211工程”矿产资源勘查开发与地学信息重点学科和校出版基金的资助;中国地质大学出版社编辑、校对、印装的同志付出了辛勤的劳动;国土资源部信息中心陈永清教授,作者所在单位数学地质遥感地质研究所陈建国副教授等同人也给予了大力的支持和帮助;第一作者的妻子王莉莉女士和女儿陈璘同学对本书的编写出版给予了大力的支持、理解和帮助。在此,致以最诚挚的感谢。

人工神经网络是正在探索中的信息处理高新技术,在实际应用方面还有待于进一步深化和完善,不足之处恳请广大读者批评指正,并欢迎广大读者来信来函索取应用软件,共同探讨。

通信地址:湖北省武汉市洪山区鲁磨路31号,中国地质大学资源学院数学地质遥感地质研究所,邮政编码:430074,电话:027—87436862(办),87484734(宅),E-mail: sychen@cug.edu.cn

作者

2000年7月

FOREWORD

Artificial neural network (ANN) is a new fruit of combining math-physics science and cognitive science; it is one of major achievements of science and technology in this century. Its conspicuous characteristics are from peculiarly calculating ability, firstly is its sweeping distributed structure, and secondly is the learning ability. Resultantly neural network has characteristics of adaptability and nonlinear dynamics, particular structure and method of information processing, it is deemed to has approach ability and character for nonlinear function; it can even resolve some inextricable problem of traditional computer in the perplexing behavior system and muddleheaded phenomenon. For example, ANN can simulate cerebrum neural network processing and remembering information, identifying classification and object forecasting for various anfractuous information. In geosciences, ANN has extensive application perspective and scientific research value for forecasting mineral resource; synthetically evaluating oil-gas; remote sensing data processing; identifying and classifying geologic body; land planning and managing; data amalgamation; data mining and knowledge discovering, etc.

ANN has a parallel distribution system. Its run mechanism completely differs from conventional artificial intelligence and technology of info processing, relative to conventional artificial intelligence based on logic symbols, it has conquered many limitations of intuition and non-structural info processing, it initializes system theory research of self-adaptability, self-organizing and real-time learning. ANN can become one of rapid development subjects, because it can incarnate particular characters of association, remembrance, learning and nonlinear dynamics, these characteristics are huge impetus for development of ANN.

Since the late 1980s anaphase ANN has raised research upsurge, there are huge differences between inland and fremdness, theory and applied technology, geosciences and information engineering. A lot of researchers in China were facing with many difficult problems of data lack, indigestibility and lesser-applied method etc. After 1990s, our country successively published a number of books about ANN, their main problems were expression indigestibility in theory; math ratiocinative processes of network model and learning algorithm were complicated; simulative programs and software design were mostly written in Turbo C, Basic or Fortran etc. advanced languages, capatibility of applied software was astatical, the level of data capacities and visual technology were low; some authors used machine language to write algorithms which were difficult to operate; applied fields limited to literalness identifying, automation, image classification and biomedicine etc., and methodology of actual application (especially in geology) was hardly seen.

This book to the best of one's abilities averts complicated math illation in theory, recurring to examples, explicating basic concepts of ANN with straightway expression modality; simulation programming of software was using object-oriented design and friendly Chinese interface of newfangled Visual C++ language; authors provided many exploitation application ideas and methods of ANN by research fruits of multi-items. The writing style of this book is in favor of systematicness (from theory, software implement to practice of applied research), innovativeness and practicability.

The book includes theory introduction of ANN, software simulation implement and applied research. First it introduces mostly research contents and development tendency of ANN, characteristic of information processing and applied general situation. It explains the profound things in a simple way expatiating basic structure of artificial neural network, learning rule, associational recollection mode and

pattern recognition ability, and introduces major models and basic algorithms of ANN with simple examples, and simulation software implement and its function of artificial neural network. It also discusses application of ANN in the mineral resource forecasting, synthetically evaluating of oil-gas, data mining, remote sensing image processing, environmental quality evaluating and geophysical field identifying etc. with author's research fruit.

The book consists of ten chapters besides foreword and appendices. Chapter 1 Introduction (written by Chen Shouyu); Chapter 2 Basic concepts of ANN (written by Chen Shouyu and Zhou Meichun); Chapter 3 Major model and basic algorithm of ANN (written by Chen Shouyu); Chapter 4 Simulation implement of artificial neural network (written by Zhou Meichun and Chen Shouyu); Chapter 5 Geological information collection and modeling of neural network (written by Chen Shouyu); Chapter 6 "5P" minerogenetic area determination of ANN in the Mian-lue-ning area, ShaanXi Province (written by Chen Shouyu); Chapter 7 Integrated evaluation of oil-gas potential by ANN (written by Chen Shouyu); Chapter 8 Data mining of ANN (written by Chen Shouyu); Chapter 9 Remote sensing data processing and application by ANN (written by Chen Shouyu); Chapter 10 ANN application in correlative subjects (written by Chen Shouyu); Appendix 1 Dynamic link libraries of BP neural network (written by Zhou Meichun); Appendix 2 Dynamic link libraries of ART neural network (written by Zhou Meichun); Appendix 3 C language algorithm subroutines of SOM ANN (written by Chen Shouyu). Chen Shouyu is responsible for the revision of the manuscript.

Authors studied and cited ideology of Dr Zhao Pengda, a national academician, in Chapter 5 and Chapter 6; this book gained a lot of idealistic enlightenment from many authors in bibliography, and partially cited their learned standpoints. Artificial neural network groping research and its application in the synthetically evaluating oil-gas potential started from one of the "863 Projects" "Synthetical analysis and evaluating subsystem of oil-gas resource reserves sequence" by Professors Fei Qi and Wang Jiaying, and gained a lot of guidance from Professor Fei Qi; at the same time gained a lot of idealistic enlightenment from Professor Hu Guangdao in the data mining and development application; Professors Yao Shuzhen and Zhang Jun bestowed much concern and help. The applied research has been under financial support from both the tackle key project (No: 96—914—05) of National Technology Committee and tackle key project (No: 95—02—002) of Ministry of Land and Resources. The exoteric laboratory (of Ministry of Land and Resources) of quantitative prediction and exploration assessment of mineral resources also gave support; at the same time Hanzhong Geological Team of Shaanxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Info Center of Yunnan Bureau of Geology and Mineral Resources, and Calculation Center and Geological Academe of Shengli Oil Field etc. gave energetical support and help. Publication of this book imbues with the publishing fund from "211 Project" of China University of Geosciences (Wuhan). Professor Chen Yongqing of Info Center of Ministry of Land and Resources, Dr Chen Jianguo and other colleagues of the Institute of Mathematic Geology and Remote Sensing also gave energetical support; the first author's wife and his daughter gave energetical support, understanding and help as well. We express our heartfelt thanks to them.

Artificial neural network is an info processing taking advantage of high-new techniques. Especially in practical application, it awaits more deepening and consummation in the future, adjuring reader's comments for this book, and welcomes any reader willing to obtain application software of ANN by letter or E-mail and to jointly discuss with us.

Communication address: No. 31 Lumo Rd., Hongshan District, Wuhan, Hubei Province, Institute of Mathematic Geology and Remote Sensing, China University of Geosciences. Postal code: 430074. Phone: 027—87436862 (O), 027—87484734 (H), E-mail: sychen@cug.edu.cn.

Authors

July 20, 2000

目 录

第一章 概 述	(1)
1.1 现代信息高科技热点——人工神经网络	(1)
1.2 神经网络发展历程	(1)
1.3 神经网络主要研究内容与发展趋势	(3)
1.4 神经网络信息处理的特点	(5)
1.5 神经网络的应用简况	(6)
第二章 人工神经网络的基本概念	(8)
2.1 大脑神经系统与人工神经网络	(8)
2.1.1 人脑的神经结构与功能	(8)
2.1.2 生物神经元及信息传递	(9)
2.1.3 生物神经元的基本特征	(10)
2.1.4 M-P 人工神经元模型	(11)
2.2 人工神经网络的基本结构	(12)
2.2.1 人工神经网络的基本构成	(13)
2.2.2 神经元的数学模型	(15)
2.2.3 神经网络的互连模式	(15)
2.3 神经网络的学习规则	(16)
2.3.1 学习规则	(16)
2.3.2 示教学习与自学	(17)
2.4 联想记忆与模式识别	(18)
2.4.1 联想记忆	(18)
2.4.2 模式识别	(19)
2.5 神经网络信息处理的能力及分类	(22)
第三章 人工神经网络主要模型与基本算法	(25)
3.1 多层神经网络与 BP 学习算法	(25)
3.1.1 BP 神经网络的基本结构与学习算法	(25)
3.1.2 BP 神经网络的运作过程	(28)
3.1.3 BP 网络的主要特点及参数优选	(32)
3.1.4 BP 网络的改进算法	(35)
3.2 竞争型网络与模式分类	(36)
3.2.1 竞争型网络结构及学习算法	(37)
3.2.2 竞争型神经网络分类法	(38)
3.2.3 抑制竞争	(39)
3.3 自适应共振理论及算法	(40)
3.3.1 ART 神经网络基本结构与学习规则	(40)
3.3.2 ART 神经网络工作的实例过程	(42)

3.3.3	ART神经网络的特点及应用问题	(43)
3.4	自组织特征映射(SOM)网络模型	(44)
3.4.1	SOM网络结构与基本原理	(44)
3.4.2	SOM神经网络的学习算法与规则	(45)
3.4.3	SOM网络的其他学习算法	(47)
3.4.4	SOM网络的局限性与有导师学习方式	(48)
3.5	其他神经网络模型简介	(49)
3.5.1	Hopfield网络	(49)
3.5.2	Boltzmann学习机	(50)
3.5.3	反传播网络	(50)
第四章	人工神经网络模拟实现	(51)
4.1	人工神经网络的实现方法	(51)
4.2	人工神经网络应用程序设计	(52)
4.2.1	ANN功能程序库	(52)
4.2.2	库函数功能介绍	(54)
4.2.3	如何编制自己的ANN应用程序	(55)
4.2.4	集成BP网络功能	(55)
4.2.5	集成ART网络功能	(56)
4.2.6	文件格式说明	(56)
4.3	ANN应用程序的VC++实现	(57)
4.3.1	Visual C++面向对象程序设计的特点	(58)
4.3.2	主控模块设计实现	(58)
4.3.3	BP网络子模块的设计实现	(59)
4.3.4	ART网络子模块的设计实现	(61)
第五章	地学信息提取与神经网络建模	(63)
5.1	数据采集单元的划分	(63)
5.1.1	规则方格网单元划分	(63)
5.1.2	规则非方格网单元划分	(64)
5.1.3	不规则单元划分	(64)
5.2	地学信息提取及意义	(65)
5.2.1	基于GIS的地质、地理信息数字化提取	(65)
5.2.2	地球物理信息提取	(69)
5.2.3	地球化学信息提取	(72)
5.2.4	遥感信息提取	(74)
5.3	模式变量的预处理与组合优化	(75)
5.3.1	数据预处理	(75)
5.3.2	模式数据的组合优化	(76)
5.4	人工神经网络建模	(77)
5.4.1	BP神经网络结构模型	(78)
5.4.2	BP神经网络数字化模型	(78)
5.4.3	竞争网络知识模型	(82)
5.4.4	复合与混合神经网络模型	(82)

第六章 陕西勉略宁地区人工神经网络“5P”找矿地段圈定	(84)
6.1 “5P”找矿概念	(84)
6.2 成矿地质背景及物理化学场特征	(85)
6.3 预测标志提取	(86)
6.4 “5P”找矿地段的神经网络圈定	(87)
6.4.1 ART神经网络圈定找矿可行地段	(87)
6.4.2 BP神经网络模型圈定找矿有利地段	(89)
6.4.3 BP神经网络圈定矿产资源潜在地段	(92)
6.4.4 BP神经网络圈定矿体远景地段	(92)
第七章 人工神经网络含油气性综合评价	(95)
7.1 石油地质学相关理论及神经网络应用	(95)
7.1.1 层序地层学与BP神经网络层序地层分析	(95)
7.1.2 沉积盆地构造理论与神经网络沉积盆地分类	(96)
7.1.3 储层研究与神经网络储层评价	(98)
7.1.4 油气成藏理论与神经网络成藏识别	(99)
7.1.5 油气运聚理论与神经网络圈闭评价	(102)
7.2 山东XX凹陷含油气性神经网络综合评价	(104)
7.2.1 地质概况	(104)
7.2.2 含油气性地质-地球物理场特征	(105)
7.2.3 XX凹陷神经网络含油气性综合评价	(107)
7.3 灰色-神经网络模型含油气性圈闭	(109)
7.3.1 新疆塔里木盆地北部雅克拉构造含油气性圈闭	(109)
7.3.2 新疆塔里木盆地北部BST测区含油气性圈闭	(112)
第八章 人工神经网络数据挖掘	(115)
8.1 数据挖掘的基本概念及主要方法	(115)
8.2 数据挖掘的地学意义	(117)
8.3 数据挖掘的分类与神经网络实现	(117)
8.3.1 数据库(数据仓库)知识发现与神经网络实现	(118)
8.3.2 多知识、多层次神经网络数据挖掘技术	(119)
8.3.3 驱动数据挖掘的神经网络实现	(121)
第九章 人工神经网络遥感数据处理与应用	(122)
9.1 遥感图像神经网络联想记忆与恢复	(122)
9.2 神经网络图像分类与应用	(123)
9.2.1 无监督神经网络分类	(123)
9.2.2 有导师监督神经网络分类与应用	(125)
9.3 神经网络遥感数据开采	(128)
第十章 人工神经网络在相关领域中的应用	(130)
10.1 人工神经网络环境质量评价	(130)
10.1.1 大气环境质量评价	(130)
10.1.2 水环境质量评价	(131)

10.2	神经网络在水文地质中的应用.....	(131)
10.3	神经网络在地球物理中的应用.....	(132)
10.4	神经网络地震预测.....	(134)
10.5	人工智能与神经网络.....	(134)
参考文献.....		(135)
附录一: BP 神经网络动态连接库 (BPDLL)		(139)
1.1	CBP: BP 网络基类 (封装了 BP 网络的各种核心算法)	(139)
1.2	CBPL: BP 网络学习建模类 (封装了 BP 网络的学习建模功能)	(148)
1.3	CBPW: BP 网络模式识别类 (封装了 BP 网络的模式识别功能)	(150)
附录二: ART 神经网络动态连接库 (ARTDLL)		(156)
2.1	ART 网络基类 (封装了 ART 网络的各种核心算法)	(156)
2.2	ARTW: ART 网络智能分类工作类 (封装了 ART 网络的无导师智能分类功能)	(160)
附录三: SOM 神经网络 C 语言算法子程序		(164)

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 High-tech of modern information—artificial neural network (ANN)	(1)
1.2 Phylogeny of ANN	(1)
1.3 Major research contents and development tendency of ANN	(3)
1.4 Characteristic of ANN information processing	(5)
1.5 Applied general situation of ANN	(6)
Chapter 2 Basic concepts of ANN	(8)
2.1 Nerve system of cerebrum and artificial neural network	(8)
2.1.1 Nerve structure and function of cerebrum	(8)
2.1.2 Biologic nerve cell and information transfer	(9)
2.1.3 Basic character of biologic nerve cell	(10)
2.1.4 Model of M-P artificial nerve cell	(11)
2.2 Basic structure of artificial neural network	(12)
2.2.1 Basic constituents of artificial neural network	(13)
2.2.2 Mathematic model of nerve cell	(15)
2.2.3 Interlinkage model of neural network	(15)
2.3 Learning rule of neural network	(16)
2.3.1 Learning rule	(16)
2.3.2 Supervisory learning and self-study	(17)
2.4 Associational recollection and pattern recognition	(18)
2.4.1 Associational recollection	(18)
2.4.2 Pattern recognition	(19)
2.5 Ability of information processing and classification of neural network	(22)
Chapter 3 Major model and basic algorithm of ANN	(25)
3.1 Multilayer neural network and BP learning algorithm	(25)
3.1.1 Basic structure and learning algorithm of BP neural network	(25)
3.1.2 Runnable process of BP neural network	(28)
3.1.3 Major characteristic and optimizing parameter of BP neural network	(32)
3.1.4 Ameliorative algorithm of BP neural network	(35)
3.2 Competitive network and pattern classification	(36)
3.2.1 Structure and learning algorithm of competitive network	(37)
3.2.2 Classification method of competitive network	(38)
3.2.3 Control competition	(39)
3.3 Adaptive resonance theory (ART) and its algorithm	(40)
3.3.1 Basic structure and learning rule of ART neural network	(40)
3.3.2 Runnable process of ART neural network	(42)

3.3.3	Characteristic and application of ART neural network	(43)
3.4	Network model of self-organizing feature map (SOM)	(44)
3.4.1	Structure and theory of SOM neural network	(44)
3.4.2	Learning algorithm and rule of SOM neural network	(45)
3.4.3	Other learning algorithm of SOM neural network	(47)
3.4.4	Limitation and supervisory learning of SOM neural network	(48)
(1) 3.5	Synopsis of other neural network models	(49)
(1) 3.5.1	Hopfield network	(49)
(1) 3.5.2	Boltzmann learning machine	(50)
(3) 3.5.3	Reverse promulgation network	(50)
(2)		
Chapter 4	Simulation implement of artificial neural network	(51)
4.1	Implementation method of ANN	(51)
(2) 4.2	Application programming design of ANN	(52)
(3) 4.2.1	Function library of ANN	(52)
(3) 4.2.2	Introduction to library functions	(54)
(9) 4.2.3	How to compile your own application program of ANN	(55)
(11) 4.2.4	Integration function of BP network	(55)
(11) 4.2.5	Integration function of ART network	(56)
(12) 4.2.6	Explanation of file format	(56)
(14) 4.3	Visual C++ application programs of ANN	(57)
(14) 4.3.1	Characteristic of Visual C++ program	(58)
(21) 4.3.2	Program design of principal controlling module	(58)
(21) 4.3.3	Program design of BP network submodule	(59)
(21) 4.3.4	Program design of ART network submodule	(61)
(21)		
Chapter 5	Geological information collection and modeling of neural network	(63)
(2) 5.1	Unit partition of data collection	(63)
(11) 5.1.1	Unit partition of regular grid	(63)
(23) 5.1.2	Unit partition of anomalistic grid	(64)
5.1.3	Anomalistic unit partition	(64)
(23) 5.2	Geological information collection and its significance	(65)
(29) 5.2.1	Geology and geography digital information collection based on GIS	(65)
(32) 5.2.2	Geophysical information collection	(69)
(32) 5.2.3	Geochemical information collection	(72)
(32) 5.2.4	Remote sensing information collection	(74)
(34) 5.3	Pretreatment and optimization of pattern variables	(75)
(38) 5.3.1	Data pretreatment	(75)
(38) 5.3.2	Optimization of pattern variables	(76)
(38) 5.4	Modeling of artificial neural network	(77)
(38) 5.4.1	Configurable model of BP neural network	(78)
(41) 5.4.2	Digital model of BP neural network	(78)
(41) 5.4.3	Sciential model of competition network	(82)
(41) 5.4.4	Compound and mixed model of neural network	(82)

Chapter 6 “5P” minerogenetic area determination of ANN in the Mian-lue-ning area, Shaanxi Province	(84)
6.1 Concept of “5P” minerogenetic area determination	(84)
6.2 Minerogenetic geological background and characteristic of physio-chemistry	(85)
6.3 Collection of forecasting indicators	(86)
6.4 “5P” minerogenetic area determination by ANN	(87)
6.4.1 Feasible ore-finding area determination by ART neural network	(87)
6.4.2 Preferable ore-finding area determination by BP neural network	(89)
6.4.3 Potential mineral resource area determination by BP neural network	(92)
6.4.4 Perspective ore body area determination by BP neural network	(92)
Chapter 7 Integrated evaluation of oil-gas potential	(95)
7.1 Some theory about petrogeology and application of neural network	(95)
7.1.1 Sequence stratigraphy and its analysis of BP neural network	(95)
7.1.2 Tectonic theory of deposit basin and basin classification by neural network	(96)
7.1.3 Reservoir research and reservoir evaluation by neural network	(98)
7.1.4 Oil-gas inborn theory and identification by neural network	(99)
7.1.5 Oil-gas accumulation-migration theory and trap evaluation by neural network	(102)
7.2 Integrated evaluation of oil-gas potential in the XX Depression, Shandong Province	(104)
7.2.1 Geological survey	(104)
7.2.2 Geological-geophysical characteristic of oil-gas field	(105)
7.2.3 Integrated oil-gas evaluation by neural network in the XX Depression	(107)
7.3 Oil-gas trap models of gray-neural network	(109)
7.3.1 Oil-gas trap of Yakela structure, north Talimu Basin, Xinjiang	(109)
7.3.2 Oil-gas trap of BST area, north Talimu Basin, Xinjiang	(112)
Chapter 8 Data mining of ANN	(115)
8.1 Basic concepts and major method of data mining	(115)
8.2 Geological meaning of data mining	(117)
8.3 Classification and neural network implement of data mining	(117)
8.3.1 Knowledge discover in database and neural network implement	(118)
8.3.2 Multiknowledge and multilayer data mining of neural network	(119)
8.3.3 Neural network implement for driven data mining	(121)
Chapter 9 Remote sensing data processing and application by ANN	(122)
9.1 Associational remembrance and retrieval of remote sensing image by ANN	(122)
9.2 Classification and application of remote sensing image by ANN	(123)
9.2.1 Classification of non-supervisory neural network	(123)
9.2.2 Classification and application of supervisory neural network	(125)
9.3 Remote sensing data mining of neural network	(128)

Chapter 10 ANN application in correlative subjects	(130)
10.1 Environmental quality evaluation by ANN	(130)
10.1.1 Environmental quality evaluation of atmosphere	(130)
10.1.2 Environmental quality evaluating of water	(131)
10.2 ANN application in hydrogeology	(131)
10.3 ANN application in geophysics	(132)
10.4 Seismic forecasting by ANN	(134)
10.5 Artificial intelligence and ANN	(134)
References	(135)
Appendix 1 Dynamic link libraries of BP neural network (BPDLL)	(139)
1.1 CBP: Basic class of BP neural network (encapsulation of multi-arithmetic)	(139)
1.2 CBPL: Learning modeling class of BP NN (encapsulation of modeling function)	(148)
1.3 CBPW: Pattern recognition class of BP NN (encapsulation of discriminating function)	(150)
Appendix 2 Dynamic link libraries of ART neural network (ARTDLL)	(156)
2.1 Basic class of ART NN (encapsulation of multi-arithmetic)	(156)
2.2 ARTW: Intelligent classification of ART NN (encapsulation of classification function)	(160)
Appendix 3 C language algorithm subroutines of SOM ANN	(164)

第一章 概述

1.1 现代信息高科技热点——人工神经网络

神经网络一词在生物学领域指的是生物神经网络 (Biological Neural Networks, 简称为 BNN), 而在信息、计算机科学等领域指的是人工神经网络 (Artificial Neural Networks, 简称为 ANN)。从 1943 年心理学家麦克洛奇 (W. S. McCulloch) 和数理逻辑学家皮兹 (W. Pitts) 提出的第一个神经网络模型到 1988 年的 Chua - Yang 细胞网络模型, 在几十年来的研究中有历史推动意义的贡献者达几十人, 提出的网络模型达 30 余种。

20 世纪 80 年代中后期, 在美国、日本等一些工业发达国家里, 掀起了一股竞相研究开发人工神经网络的热潮, 1987 年 6 月首届国际神经网络学术会议在美国加利福尼亚州召开, 并成立了国际神经网络协会 (International Neural Networks Society, 简称为 INNS); 80 年代末以来, 国际上已召开过近 10 次国际学术会议, 关于神经网络的学术刊物也在不断增加, 如《Neural Networks》、《IEEE Transaction on Neural Networks》、《Neural Computing》等。1994 年在美国奥兰多召开的有 2 000 人参加的 WCCT'94 和在圣地亚哥召开的约 600 人参加的 IEEE - ICNN'94 年会代表了神经网络学术界研究的高潮。1997 年 6 月, IEEE 国际神经网络大会 (ICNN'97) 在美国休斯顿召开, 国际神经网络协会 (INNS) 也参加了此次大会。这是 INNS 和 IEEE (NNC) 分道扬镳三年后的首次合作, 也表明神经网络研究又进入一个新阶段。

我国学术界从 20 世纪 80 年代中期开始关注神经网络研究领域, 有些数学家和计算机科学家开始对这一领域产生兴趣, 开展了一定的研究工作。中国于 1989 年 10 月在北京召开了一个非正式的神经网络及其应用讨论会, 印刷了一本文集。1990 年 12 月, 由电子学会、计算机学会等八个学会联合主持在北京召开了首届神经网络的空前学术盛会, 这是我国神经网络发展以及走向世界的良好开端。1991 年在南京召开了第二届中国神经网络学术大会, 会上成立了中国神经网络学会。我国“863”高技术研究计划和“攀登”计划于 1990 年批准了人工神经网络的 3 项课题, 自然科学基金和国防科技预研基地也都把神经网络的研究列入选题指南。许多全国性学术年会和一些学术刊物把神经网络理论及应用方面的论文列为重点。这些毫无疑问, 为神经网络在我国发展创造了良好的条件, 促使我们加快步伐缩短我国在这个领域的差距。INSS 开始重视我国, 把 1992 年国际神经网络学会、IEEE 神经网络委员主办的国际性学术会议也定在北京召开, 开创了我国神经网络研究的新纪元。

近几年来, 在神经网络这个涉及多种学科的现代信息高新技术领域中, 吸引了众多的神经生理学家、心理学家、数学家、计算机与信息工程学家以及工程企业家等。大量有关神经网络运行机理、神经计算机、网络模型与学习算法、特征分析以及各方面的应用文章, 像雨后春笋涌现在学术会议和报刊杂志上, 成为当代高科技领域中方兴未艾的竞争热点。

1.2 神经网络发展历程

20 世纪 40 年代中期, 在科技发展史上出现了模拟电子计算机和数字电子计算机两种新的计算工具和一种描述神经网络工作的数学模型。由于电子技术 (特别是大规模、超大规模集成电路) 的发展, 使数字电子计算机作为高科技计算工具已发展到当令盛世地步, 而人工神经网络模拟仿真生物神经网络的探索则经历了半个世纪的曲折发展道路。

1943 年心理学家 W. S. McCulloch 和数学家 W. Pitts 首先以数理逻辑的方法研究用人工神经网络模拟、仿真和近似生物神经网络的探索,并提出 M-P 神经元模型。1949 年 D. O. Hebb 从心理学的角度提出了至今仍对神经网络理论有着重要影响的 Hebb 学习法则。50 年代末到 60 年代初,神经网络系统已开始作为人工智能的一条途径而受到人们的重视。1961 年 E. Rosenblatt 提出了著名的感知机 (Perceptron) 模型。这个模型由简单的阈值性神经元构成,初步具备了诸如学习性、并行处理、分布存储等神经网络的一些基本特征,从而确立了从系统角度进行人工神经网络研究的基础。

1962 年 Widrow 提出了主要适用于自适应系统的自适应线性元件 (Adaline) 网络。神经网络的研究进入了一个高潮。

在整个 70 年代中,对神经网络理论的研究进展缓慢,原因主要来自于科技界漫不经心的对待和数字计算机飞速发展的冲突,但并没有完全停顿下来。世界上一些对神经网络抱有坚定信心和严肃科学态度的学者们,没有放弃他们的努力。在这期间, Grossberg 提出了自适应共振理论 (ART); 芬兰学者 Kohonen 提出了自组织映射理论 (SOM); 日本的福岛邦彦提出了认知机 (Cognitron) 模型,随后又提出了改进型新认知机 (Neocognitron) 模型; 另一位日本学者中野馨提出了联想记忆模型—联想机 (Associatron); 东京大学的甘利俊一博士则一直致力于数学理论解释神经网络。70 年代末期以来,复杂行为系统理论(如:耗散结构、协同学、混沌)的出现,人们认识到人工智能、联想记忆学习算法、信息优化组合处理及模式识别的重要性,极大地推动了人工神经网络的发展。

进入 80 年代,特别是 80 年代末期,神经网络的研究从复兴很快转入了新的热潮。主要原因来自两个方面:一方面经过十几年迅速发展起来的以逻辑符号处理为主的人工智能理论和 Von Neumann 计算机在处理诸如视觉、听觉、形象思维、联想记忆等智能信息处理问题上受到了挫折;另一方面,80 年代并行分布处理模式的神经网络本身的研究成果,使人们看到了新的希望。这一时期首先要提到的是美国加州理工学院的物理学家 Hopfield 的开拓性工作。1982 年他提出了一个新的神经网络模型——Hopfield 网络模型,并首次引入了网络能量函数概念,使网络稳定性研究有了明确的判据。尤其是 1986 年 Rumelhart 和 McClelland 及其研究小组提出的误差逆传播学习算法,成为至今影响最大的一种网络学习方法。

到 90 年代以后,人工神经网络从理论研究到软件开发、硬件实现、各个学科领域广泛应用与相互渗透等诸多方面取得了全面的发展。有关神经网络的国际学术组织纷纷成立,学术会议纷纷召开,学术刊物纷纷创刊。神经网络理论已涉及到了神经生理科学、认识科学、数理科学、心理学、信息科学、计算机科学、微电子学、光学、生物电子学等众多学科,是一门新兴的、综合性的前沿学科。针对不同应用目的的软件开发全面展开,网络计算机的硬件实现方面也取得了一些实实在在的成绩。神经网络的应用,已渗透到模式识别、图像处理、非线性优化、语音处理、自然语言理解、自动目标识别、机器人、专家系统等各个领域,并取得了令人瞩目的成果。

在美国,神经计算机产业已获得军方的强有力支持,国防部高级研究计划局 DARPA (Defense Advanced Research Project Agency)、海军研究办公室 (ONR)、空军科研办公室 (AFOSR) 等曾对此投资 4 亿美元的研制费,由此足见其重视程度。特别是 DARPA,认为神经网络“是解决机器智能的唯一希望”,并认为“这是一项比原子弹工程更重要的技术”。美国政府的科学基金会 (NSF)、国家航空航天局 (NASA),以及道格拉斯飞机公司等,对此学科的发展也都很重视,均以不同形式支持了众多的研究课题。

在欧洲共同体的 ESPRIT 计划中,就有一个特别项目称为“神经网络在欧洲工业中的应用”,已有许多大公司卷入这项研究中,如英国航空宇航公司、德国 Siemens 公司以及英国的德国的原子能机构。

日本在神经网络研究上的投资大约是美国的 4 倍。在曾经引起世界科技界关注的“第五代计算机系统 (PGCS)”计划中的先驱者们,将进行一项神经网络开发及其应用的新的 10 年计划,有许多大学以及富士通、日本电气、三菱电机、日立、东芝等许多大公司都投入大量的资金与人力。

我国的高新技术研究计划,于 1990 年批准了关于人工神经网络的 3 项课题,其中有南开大学的光学神经计算机、国防科技大学的人工神经网络实现技术,以及一项与 VLSI 有关的神经网络研究课题。国家自然科学基金与国防科技预研基金也都把神经网络的研究列入了课题指南,对中选课题提供资助。

与此同时,神经网络计算机以及有关神经元处理芯片或插件作为产品开始走向商用阶段,到 1991