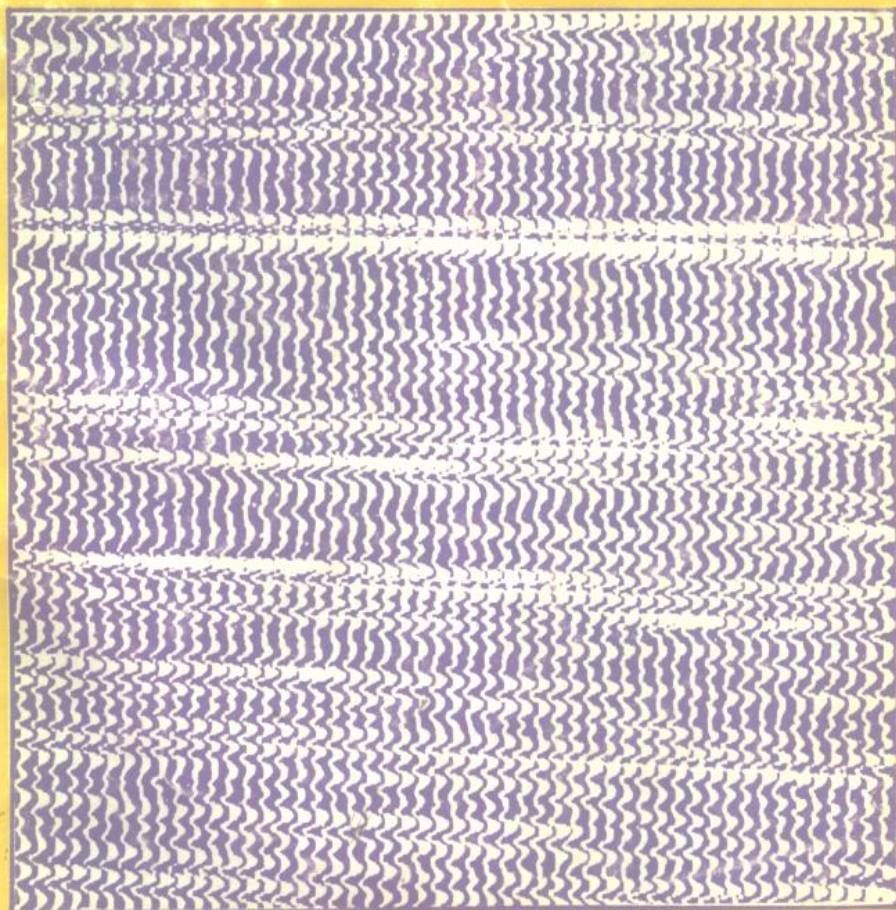


人工神经网络 及其在石油勘探中的应用

杨铭震 王燕霞编著



兵器工业出版社

(北京)

075119



人工神经网络及其在石油勘探中的应用

杨铭震 王燕霞 编著



200364444



52/50/34



兵器工业出版社

1993年9月

(京)新登字 049 号

内 容 简 介

人工神经网络是近年来迅速发展的一种综合多学科的前沿学科。本书详细阐述了它的原理及在石油勘探应用中所取得的若干最新成就。为便于分析、比较,书中还简要介绍了目前常用的模糊聚类方法及有关的应用。

全书共三章,第一章论述神经网络及石油勘探信息的特点和神经网络在其中应用的前景。第二章是神经网络的原理、构成及在石油勘探中的应用。第三章是模糊聚类法及其在石油勘探中的应用。

本书可作为计算机及应用,石油勘探、开发及地质类专业和信息工程专业的研究生和本科生选修课的教材和有关科技人员的参考书。

人工神经网络及其在石油勘探中的应用

杨铭震 王燕霞编著

*

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

新华书店 经销

西安石油学院印刷厂印装

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张:10 字数:233 千字

1993年10月第1版 1993年10月第1次印刷

印数:500册 定价:12元

ISBN 7-80038-734-8/TE·1

序 言

自从第一台电子计算机诞生以来,它一直得到各国学者的高度重视,迄今已经历了电子管、晶体管、中、小规模集成电路和大规模集成电路为代表的四代电子计算机,性能已日趋完善优越,广泛应用于各个行业,并且取得了令人瞩目的成就,尤其在地震勘探数据处理等许多方面已起到其它设备和方法无法代替的作用,而且今后还将发挥更加巨大的作用。所以人们常说电子计算机的诞生和发展是本世纪科学技术最伟大的成就之一。

传统电子计算机是按冯·诺伊曼原理构成的。尽管它的运算速度已达每秒十几亿次,存储容量也非常巨大。但这种传统计算机的形象思维能力却很差,影响了计算机科学的智能化发展。人工神经网络是模拟人脑机理和功能的一种新型计算机和人工智能技术,它综合了计算机科学、人工智能、知识工程、信息科学,自动控制、微电子学,脑神经科学等众多学科的最新成就,在近几年取得了可喜的进展,成为国内外一个非常活跃的边缘学科。由于人工神经网络是一个复杂的非线性动力学系统,模仿人脑的分布存储及协同处理的特点,突破了传统计算机限于线性处理的模式,使神经网络的功能更加丰富。

如前所述,由于神经网络涉及到很多学科的最新成就和人们期望用它来解决那些过去长期没有解决好的问题。对此,神经网络这种新技术一时还不能满足要求,还有许多工作要做。人工神经网络的成就表明:它在数据处理中可避免数据分析和建模中的困难,采用拟人化的方法进行处理,所以它特别适于不确定性和非结构化信息的处理。石油勘探、开发中的大量信息就是这种信息。对这些信息的处理和解释,目前还有很多是依靠有经验的物探等石油工程师和地质师来做。由于神经网络很适合研究和解决这些问题,美国防部 DARPA 专家论证:石油勘探数据处理和自动目标识别等领域将是人工神经网络最有前景和能够取得突破的领域。因而神经网络技术引起了石油勘探、开发等领域科学工作者的极大兴趣。

杨铭震、王燕霞两位副教授长期从事自动控制、非线性系统和采样系统理论、信号及数据处理,计算机应用及神经网络的研究,在仪器仪表学报、信息与控制等杂志上分别发表论文等 20 余篇。近年来他们潜心研究人工神经网络技术,跟踪这一学科的世界前沿信息。最近为博士生等开设了非线性系统理论和人工神经网络课程,参考了近年来神经网络在石油勘探、开发中应用研究的最新成果,在总结他们自己的研究成果的基础上编著了此书。我深信这本书的出版将对石油勘探、开发领域中应用人工神经网络技术的研究工作起到推动作用。

教授、博士生导师、国家级有突出贡献的专家
西安石油学院

张绍槐

1993年4月

前 言

人工神经网络是近年来迅速发展的一种计算机和人工智能的新技术。它已引起了计算机科学、人工智能、认知科学、信息科学、微电子学、自动控制、机器人、脑神经科学、石油勘探数据处理及解释等学科的学者们的广泛兴趣,并认为它将使电子科学和信息科学产生巨大变革。

人工神经网络理论突破了以传统线性处理为基础、程序串行工作存贮与处理分立的传统数字计算机的局限,开始了以非线性处理为基础,并行、协同工作存贮与处理统一的崭新工作方式,从而为解决过去一直难以解决的一些问题——不确定的和非结构化信息的处理提供了一种有效方法,它采用了拟人化的处理方法,从而避开了处理这类问题时的数据分析和建模时的困难。

石油勘探中的大量信息几乎都具有不确定和非结构化的特点,在石油勘探领域中应用神经网络将是应用神经网络最有前景和促使神经网络取得突破性进展的领域之一。我们编著此书的目的就是希望以此推动人工神经网络技术在石油工业中的应用和促进人工神经网络技术的发展。

人工神经网络在石油勘探中主要被用来对不确定和非结构化的信息进行模式识别,从原理上讲这是一种模糊识别的方法。为了便于理解、比较,我们在第三章中编写了部分模式识别及模糊聚类方法和在石油勘探中应用的例子。

本书的第一、二章由杨铭震编著,第三章由王燕霞编著。书中编入了神经网络在石油勘探中应用的很多最新成果,但由于这方面的技术发展很快,对于在本书中未能编入的例子,我们准备在再版时补充入书内。

西安石油学院的博干导师张绍槐教授,石油物探局孟尔盛高级工程师对我们的工作给予了热情的关怀,帮助和指导。我们在此向他们二位表示衷心感谢和崇高敬意。西安石油学院计算机系和钻井信息应用技术中心的有关朋友及参加人工神经网络课程学习的博士生、硕士生对有关内容的讨论及建议;兵器工业出版社的领导及有关同志、西安石油学院的领导、教务处、科研处及印刷厂的领导和有关同志对本书的出版给予了大力支持并付出了辛勤的劳动,在此我们一并表示感谢!

由于水平所限及时间仓促,书中不足之处在所难免,欢迎读者批评赐教。

杨铭震 王燕霞

1993年9月于西安

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 人工智能的发展概况及其特点	(1)
1.2 石油勘探信息的特点	(2)
1.3 人工智能技术在石油勘探信息处理中应用的前景	(3)
第二章 人工神经网络及其在石油勘探中的应用	(5)
2.1 绪论	(5)
2.1.1 引言	(5)
2.1.2 从大脑神经元到人工神经元	(7)
2.1.3 人工神经网络的发展简史及几种主要的神经网络	(9)
2.1.4 人工神经网络构成的基本原理	(11)
2.1.4.1 Rumelhart 的 PDP 模型	(11)
2.1.4.2 神经元功能函数	(12)
2.1.4.3 神经元之间的联接形式	(14)
2.1.4.4 学习(训练)	(16)
2.2 几种典型的人工神经网络	(18)
2.2.1 前向人工神经网络	(18)
2.2.1.1 概述	(18)
2.2.1.2 感知器	(21)
2.2.1.2.1 感知器学习算法	(21)
2.2.1.2.2 多层感知器	(22)
2.2.1.2.3 梯度算法	(23)
2.2.1.2.4 多层感知器学习的定量分析	(25)
2.2.1.3 BP(Back Propagation)反向传播网络	(27)
2.2.1.3.1 S 型神经元的 BP 算法	(27)
2.2.1.3.2 反向传播算法的理论分析—— δ 算法	(30)
2.2.1.3.3 BP 型多层网络的生物物理学基础	(31)
2.2.1.3.4 BP 网络的应用实例	(33)
2.2.1.3.5 BP 型前向网络的改进方法	(35)
2.2.1.4 ADALINE 和 MADALINE 神经网络	(37)
2.2.2 反馈式神经网络	(41)
2.2.2.1 Hopfield 人工神经网络	(41)
2.2.2.1.1 概述	(41)
2.2.2.1.2 Hopfield 人工神经网络电路模型及其能量函数	(42)
2.2.2.1.3 Hopfield 人工神经网络用于求解 TSP	(45)

2.2.2.1.4 Hopfield 人工神经网络用于联想记忆	(49)
2.2.2.1.5 稳定性与吸引子	(53)
2.2.2.2 双向联想记忆神经网络(BAM:Bidirectional Associative Memory)	(60)
2.2.3 自组织神经网络	(65)
2.2.3.1 按照自适应谐振理论(ART)构成自组织神经网络	(65)
2.2.3.1.1 概述	(65)
2.2.3.1.2 竞争学习机制和自稳学习机制	(66)
2.2.3.1.3 ART-1 神经网络	(70)
2.2.3.2 自组织特征映射	(74)
2.2.3.3 CPN 模型	(76)
2.2.4 Neocognitron 模型——福岛模型	(80)
2.3 人工神经网络在石油勘探中的应用	(82)
2.3.1 应用 BP 神经网络提取地震记录中的初至波	(83)
2.3.2 应用 NN 识别势场特征	(87)
2.3.3 应用 NN 识别地震模式	(91)
2.3.4 应用 BAM 网络分析石油储层损害情况	(92)
第三章 模糊聚类方法及其在石油勘探中的应用	(97)
3.1 概述	(97)
3.2 几个基本概念	(98)
3.2.1 样品与特征	(98)
3.2.1.1 样品与特征	(98)
3.2.1.2 均值与方差	(100)
3.2.1.3 距离与相关系数	(103)
3.2.1.4 资料的标准化	(104)
3.2.2 聚类、分类和特征选择	(105)
3.2.2.1 聚类	(105)
3.2.2.2 分类判别	(108)
3.2.2.3 特征选择	(111)
3.2.3 K 均值聚类方法	(112)
3.3 模糊数学的基本概念	(115)
3.3.1 几个概念	(115)
3.3.2 模糊集合与隶属度	(121)
3.4 利用模糊关系的系统聚类法	(123)
3.4.1 实例	(123)
3.4.2 几点补充说明	(123)
3.5 模糊 K——均值法	(127)
3.5.1 基本的模糊 K——均值法	(127)
3.5.2 采用加权距离的模糊聚类法	(129)

3.5.2.1 使用模糊协方差矩阵的聚类算法	(129)
3.5.2.2 模糊K——簇算法	(132)
3.6 模糊聚类法在地震资料处理中的应用	(137)
3.6.1 概述	(137)
3.6.2 模糊式混合聚类法	(137)
3.6.2.1 模糊式混合聚类法	(137)
3.6.2.2 模糊式混合聚类算法	(139)
3.6.3 模糊聚类法在地震资料处理中应用实例及效果分析	(139)

第一章 绪 论

1.1 人工智能的发展概况及其特点

人工智能是本世纪的三大科技成就之一,它的出现引起了计算机科学的第二次革命,开创了智能化的新纪元。人工智能最早于 50 年代在美国兴起,近年来人工智能中的一些技术(如专家系统等)已逐渐走向实用阶段。日、美等国正在积极研制的第六代计算机就是一种大型的并行处理、综合性的人工智能系统——神经网络计算机。如果说经典物理学的形成和蒸汽机的诞生曾导致了第一次科学革命和第一次产业革命,实现了人的部分体力劳动的机械化和自动化,使人类有了今天发达的物质文明和精神文明,那么正在到来的第二次科学革命和第二次产业革命则起源于信息科学的形成和计算机的诞生,它将实现人的一部分脑力劳动的机械化和自动化,因而也有人把它称为信息革命或智力革命。正如蒸气机是一种比较原始的动力机一样,现今的电子计算机也是智力机的雏形,近几年来人工神经网络的研究得到了迅速的发展,它比专家系统等人工智能技术具有更高智能化的水平,它模仿人的大脑,具有较强的形象思维能力,更强的逻辑推理,归纳能力、并行处理,分布式存储,联想记忆,大规模协同作用及集体效应等一系列类似人的大脑作用机理的特点,并且已经逐渐将研究的成果应用于人工视觉系统,模式识别、语音识别、图象识别及处理,智能控制等诸多领域。所有这些成果都大大提高了人工智能的水平,可以说,近年来,人工智能的发展已进入了一个崭新的阶段。

关于人工智能研究的对象,比较长的一段时间里人们更多的注意所谓智能活动的核心过程——逻辑推理、理性思维。并在此基础上建立和发展了有关专家系统的原理及方法。近几年来由于人工神经网络的迅速发展,人工智能的研究对象进一步延伸、扩大到了所谓智能活动的外围过程——如视觉、听觉,语言识别及应用等。使人工智能的研究范围更全面,更接近于人的大脑。本书主要介绍人工神经网络和模糊理论在石油勘探中的应用。有关专家系统的内容,读者可以参考有关人工智能的教材和书籍,我们只作简单介绍。

1、专家系统是人工智能技术中发展最早,应用最广泛的一种技术,它主要解决非结构化的问题即尚未建立或无法建立精确数学模型的问题,它是通过问题的形式化,求解过程的机械化和机械过程的自动化实现三个环节所对应的人工智能的三大技术:知识表示技术、机械化、自动化推理技术和系统构成技术所构成。目前专家系统已广泛应用于各个行业,在国民经济中起着重要作用,专家系统存在的问题有:(1)由于在专家系统中主要使用二值逻辑(命题逻辑和谓词逻辑),因而知识表达和推理结果都过于粗糙;(2)由于行业专家的局限性,使专家系统的应用范围也有局限性,加上至今尚无较好的方法使已建立的专家系统能自动获取知识,以扩充专家的知识库和使用范围,这个问题已成为应用专家系统的一个“瓶颈”,急需研究解决。

2、模糊理论是 1965 年 L. A. Zadeh 提出模糊(Fuzzy)数学(或集合论)后发展起来的模糊推理理论和模糊聚类方法。用它可以解决专家系统中因二值逻辑产生的知识表达过

于粗糙的问题,并用 Fuzzy 推理规则产生了非精确性推理方法,Fuzzy 技术是近年来迅速发展的新技术,部分解决了专家系统中存在的一些问题,并已用于生产实际。

3、人工神经网络是近几年来迅速发展的人工智能新技术,它比专家系统、模糊理论等人工智能技术具有更高的水平,因而引起了各国学者的浓厚兴趣。人工神经网络除了具有与专家系统、模糊推论所具有的推理功能外,它还具有专家系统、模糊理论所不具备的很多智能功能,可以说它具有更接近于人的大脑的识别及思维能力,它的主要特点是:

(1)由于神经网络模仿人的大脑,采用自适应算法,使它较之专家系统的固定的推理方式及传统计算机的指令程序方式更能够适应环境的变化,总结规律,完成某种运算、推理。识别及控制任务。因而它具有更高的智能水平、更接近人的大脑。

(2)较强的容错能力:使神经网络能够和人工视觉系统——光电扫描读入器一起、象人一样根据对象的主要特征去识别对象。

(3)自学习、自组织功能及归纳能力。

以上三个特点使得人工神经网络能够对不确定的、非结构化的信息以及图象进行识别、处理。石油勘探中的大量信息就具有这种性质,因而人工神经网络是非常适合石油勘探的信息处理的。所以美国国防部 DARPA 专家组论证、石油勘探的信息处理将是人工神经网络最有前景,最可能取得突破性进展的领域之一。

(4)分布存储、联想记忆和并行处理。

我们知道人的大脑细胞的数目在 10^{10} — 10^{11} 数量级,这么多的脑细胞之间的联系,和处理信息的方式就是分布存储,联想记忆和并行与串行组合处理的。它既可对客观事物在几 ms 内作出判断、决策和处理。还可在部分脑细胞失效,死亡时不影响大脑的功能,当大脑局部损伤时也只能引起功能衰退,但不会使大脑突然丧失功能。

总之人工神经网络更加接近人脑,具有很强的思维和识别能力、是当今迅速发展的人工智能新技术。也是诸多学科相结合的世界性前沿学科。吸引着广大科技工作者,可以预料:随着人工神经网络的迅速发展,目前一些难于解决的技术问题,将会得到较好的解决。

1.2 石油勘探信息的特点

石油勘探信息可根据采集识别的方法而分为物探资料(又包括地震、井下重力、VSP 等)地质资料、测井资料、地球化学资料等。(图 1.1 所示)但不论那一种有关石油勘探的资料几乎都具有不确定性的非结构化的特点,一方面有用信号中混杂有大量的噪声信息,另一方面也很难找出它们的精确的数学描述。对于这样不确定性和非结构化的信息的处理,过去多数采用统计方法,前些年又广泛研究及采用了专家系统,这两种方法都收到了一定的效果,但也都存在一定的问题,例如统计方法对砂岩和泥岩的过渡带不易辨认、分清……等,专家系统则有适用范围受限制,知识不易扩充……等问题。目前迅速发展的人工神经网络对于处理不确定性和非结构化的信息比较擅长,如果在神经网络上再配上光电扫描设备,对于图象一类信息的分析,处理会更加有效,总之人工智能的三种技术:专家系统、模糊理论和人工神经网络都是非常有用的。

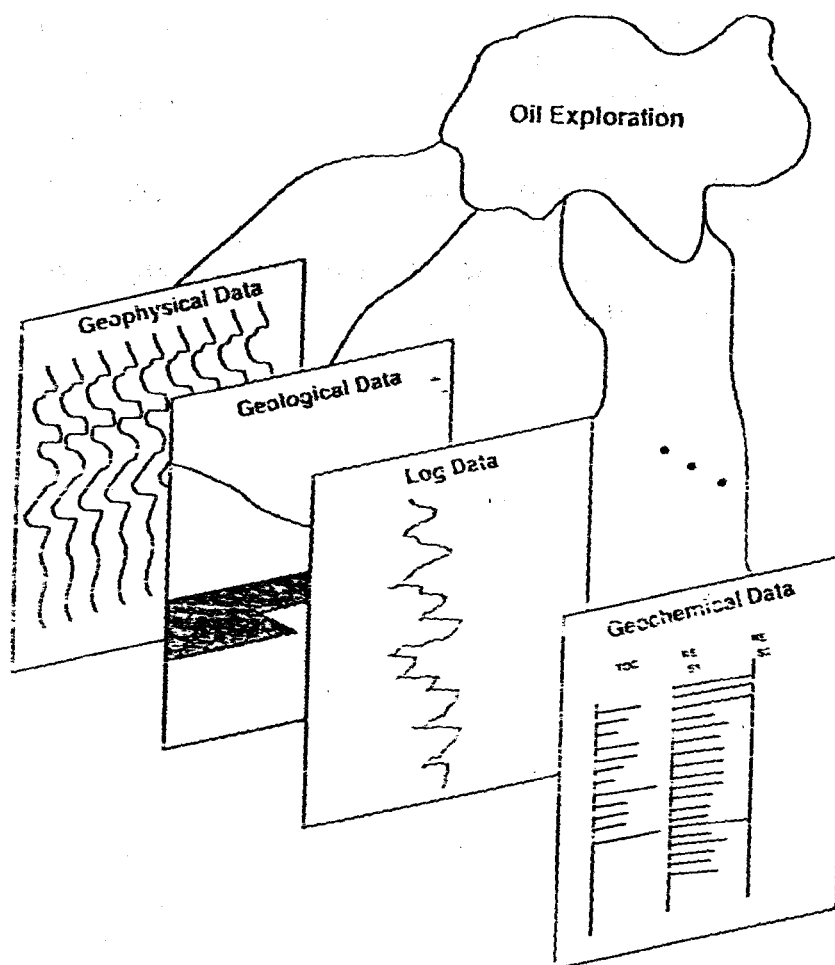


图 1.1 石油勘探信息构成的框架图

1.3 人工智能技术在石油勘探信息处理中应用的前景

由于石油勘探信息的不确定性和非结构化的特点,难于建立它们的数学模型,因而常规的信息处理方式(如图 1.2 所示)无法使用,而利用人工智能,尤其是人工神经网络方法可以做到:



图 1.2 传统的信号处理过程

1. 利用自学习能力而无需进行数据分析和建模;
2. 非编程、自适应的方式;
3. 数据存贮与处理合二而一;
4. 高度并行。

因而这种新的处理方式,它将有损于石油勘探信息处理中的一些长期解决不了或不易解决的问题的解决。

人工神经网络一类的人工智能技术还提供了可以在信息资料不完整和含有大量噪声时进行处理及做出决策的可能性。

所有这些都是人工智能、神经网络的优点,有的已经在生产实践中应用,有的正在进行研究,准备用于生产。

前苏联钻井研究所 A. H. Mirzajanzade 曾指出:他们使用了有关的两个专家系统,可以降低钻井事故约 50%,并能节约材料 15%—20%。

可见人工智能技术对于具有不确定性和非结构的石油勘探信息,无论在方法上和经济上都是很有效而且前景很宽阔的。

第二章 人工神经网络及其在石油勘探中的应用

2.1 绪论

2.1.1 引言

“人脑是如何工作的?”

“人类如何从现实世界获取知识和运用知识?”

“我们能否制作模仿人脑的人工神经系统?”

多少年来,人们从医学、生物学、物理学、哲学、信息与计算机科学、认知学等各个角度试图认识并解答这些问题。在寻求这些答案的研究过程中,近年来逐渐形成了一个新兴的多学科交叉技术领域,人们称之为“神经网络”。神经网络的研究涉及众多学科领域,这些学科相互结合、相互渗透和相互推动。而不同领域的科学家又从各自学科的兴趣与特色出发,提出不同的问题,从不同的角度着手研究。

心理学家和认知科学家研究神经网络的目的在于探索人脑加工、储存和搜索信息的机制,弄清人脑功能的机理,建立人类认知过程的微结构理论。

生物学、医学、脑科学专家试图通过神经网络的研究推动脑科学向定量、精确和理论的系统发展,或许也寄希望于临床医学的新突破。

信息处理与计算机科学家研究这一问题的目的在于寻求新的途径以解决目前计算机不能解决或不善于解决的大量问题,构造更加逼近人脑功能的新一代计算机模型。以此为背景,于是出现了“神经网络”(artificial neural network)简称 ANN 研究领域。

人工神经网络是由大量简单的基本元件——神经元(neuron)相互连接而成的自适应非线性动态系统。每个神经元的结构和功能比较简单,而大量神经元组合产生的系统行为却非常复杂。系统模型可用软件描述(数学方程、算法、程序),而最终目标是以硬件实现(用半导体器件、光学器件或分子器件)。

人工神经网络反映了人脑功能的若干基本特性,但是并非生物系统的逼真描述,只是某种模仿、简化和抽象。

虽然,人工神经网络应属神经网络研究的一个重要组成部分,而习惯上这两个名词通用。也可称它们为“(人工)神经元网络(或系统)”。

与目前广泛应用的数字计算机相比较,人工神经网络在构成原理和功能特点等方面更加接近人脑,它不是按给定的程序一步一步地执行运算,而是能够自身适应环境、总结规律、完成某种运算、识别或过程控制。因而,有人称前者为指令程序式计算机或算法计算机;而后者为非程序化的自适应信息处理机或非算法计算机。前者是串行处理的离散系统;后者是并行分布处理(parallel distributed processing 简称为 PDP)系统,而且往往是连续与离散(模拟与数字)混合系统。通常,前者以其发明者命名,称为冯·诺依曼(Von Neumann)机;而称后者为神经网络计算机(Neurocomputer)或第六代计算机。这些名称目前尚无严格的统一规定。此外,也有人认为人工神经网络属于联接机(connection ma-

chine)或自动机网络(automata network)类型的计算系统。

传统计算机是按冯·诺伊曼原理,用逻辑规则进行运算的,它有极强的算术和逻辑运算功能,现在的运算速度已可达每秒数十亿次,计算的精度和可靠程度更是人工所无法比拟的。但是,电子计算机的形象思维能力与人比却相差甚远。人们对十分复杂的物体可以不加思索,一目了然地予以识别,但即使很简单的物体,用先进的电子计算机来识别它,也非常艰难。人类是最聪明的,不仅能进行运算,而且更善于思维、推理,总结出自然界的客观规律,用以认识世界,改造世界。这一切都是靠人的大脑。因而很多人一直想弄清人脑的构成、工作机理和功能。

ANN 的研究目的,就是让计算机模仿人的大脑具有较强的形象思维能力。近年来,大规模集成技术的发展,为其提供了实现的基础和应用前景,短短几年,人工神经网络的研究,成为信息、脑神经、计算机和数理等学科的“热点”。

模拟人脑智能特点和结构的人工神经网络与以算术和逻辑运算、存贮与运算分离、串行地执行指令为基础的冯·诺伊曼计算机迥然不同,它是一个非线性的动力学系统,并以分布式存贮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和有限,但大量神经无构成的网络系统所能实现的行为却是极其丰富多彩的。

神经网络的研究已有近 30 年的历史,神经网络的应用已经渗透到各个领域,并在模式识别、计算机视觉、自适应滤波和信号处理、非线性优化、自动目标识别、连续语音识别、声纳信息的处理、知识处理、智能控制、传感技术与机器人、生物医学工程等方面取得令人鼓舞的进展,统观十几年的研究成果,普遍认为 ANN 与传统方法互补,目前主要用于下面几个方面和正从事在这些方面应用的研究。

①对不确定性和非结构化信息的拟人化处理——识别模式,避免对上述信息的分析及建模;

②非线性处理;

③智能化处理;

④快速实时计算。

ANN 是一个很庞大的非线性网络,它的结构及使用到的数学方法一般都很复杂,但最常用到的是自适应和优化算法及非线性系统理论,自学习、自组织等。1982 年美国加州工学院物理学家 Hopfield 引入了“计算能量图表”的概念,给出了网络稳定性判据,有力地推动了神经网络的研究。

由于人脑的构造、加工、存贮、搜索和处理信息的机制尚不十分清楚,因而用机器模拟人脑就更加困难,目前的水平处于使 NN 具有和模拟人脑的某些特征、功能,但完全模拟和实现大脑的功能还要很长一段时间。目前已开发的几十种神经网络模型大都是针对某种特殊用途的,如:数学逼近映射、概率密度函数的估计、从二进制的数据库中提取相关的知识、形成拓扑连续及统计意义上的同种映射、最近相邻模式分类、数据聚集及最优化问题的计算等,对这些特殊问题具有很强的计算能力,现在,人们还在努力寻找新的机制以构成通用神经网络模型。

石油勘探开发面对的是复杂的地质情况,模式类间的决策介面复杂,常常统计不出来或不准确,尤其是当地层剖面出现渐变时,更难以区分,与传统的统计模式识别方法相比,

神经网络模式识别可能更优越一些。大多数神经网络模型都能用于模式识别。但不同的神经网络由于其网络结构和学习算法的不同,适应范围也不同,目前主要成果有以下几方面:

- ①测井资料,地震道滤波时的模式识别;
- ②测井模式识别;
- ③用自组织 ANN 进行测井岩相识别;
- ④用 BPNN 识别砂岩储集层;
- ⑤用 BPNN 对遥感等多源数据的模式识别;
- ⑥钻头的故障诊断;
- ⑦沙岩平版图和天然气彩色图解释的确定;
- ⑧用 ANN 提取初至波;
- ⑨应用 ANN 识别势场(Potential Field)的特征;
- ⑩应用 ANN 分析势场资料中的特性;
- ⑪应用 ANN 进行地震模式识别;
- ⑫应用 ANN 从 V_p 和 V_s 中预测岩性;
- ⑬应用 ANN 对地震横向轨迹进行分块和划界;
- ⑭应用 ANN 提取迭加速度;
- ⑮非弹性波动方程和无局部最小的全波(形)反演的神经网络递归描述等等。

2.1.2 从大脑神经元到人工神经元

人工神经元的研究源于脑神经元学说。19 世纪末,在生物、生理学领域,Waldeger 等人创建了神经元学说。人们开始认识到,复杂的神经系统是由数目繁多的神经元组合而成。大脑皮层神经元的数目在 $10^{10} \sim 10^{11}$ 量级,每立方毫米内约有数万个。神经元的类型有多种,它的基本结构如图 2.1 所示。

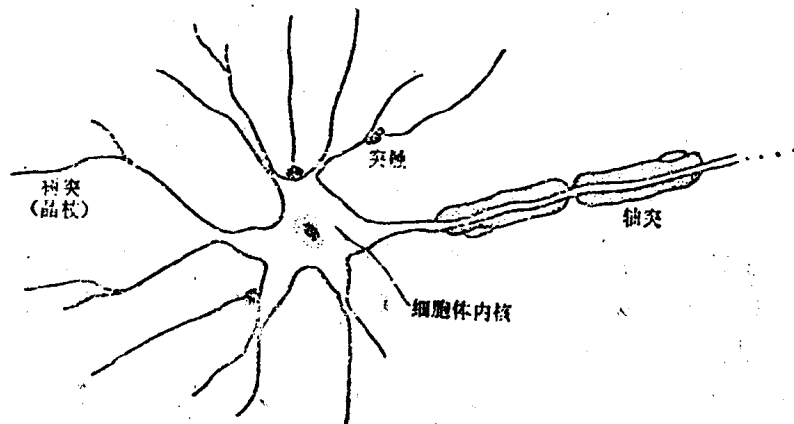


图 2.1 神经元结构示意图

神经元由细胞体及其发出的许多突起构成。细胞体内有细胞核,突起的作用是传递信息。作为引入输入信号的若干个突起称为“树突”或“晶枝”(dendrite),而作为输出端的突起只有一个称为“轴突”(axon)。

树突是细胞体的延伸部,它由细胞体发出后逐渐变细,全长各部位都可与其它神经元的轴突末梢相互连系,形成所谓“突触”(synapse)。在突触处两神经元并未连通,它只是发生信息传递功能的结合部。联系界面之间隙约为 $(15\sim 50)\times 10^{-9}\text{m}$ 。突触可分为兴奋性与抑制性两种类型,它相应于神经元之间耦合的极性。每个神经元的突触数目不等,最高可达 10^5 个。各神经元之间的连接强度和极性有所不同,并且可调整,基于这一特性,人脑具有存储信息的功能。

对于这样一种多输入、单输出的基本单元可以进一步从生物化学、电生物学、数学等方面给出描述其功能的模型。从信息处理观点考察,为神经元构造了各种形式的数学模型。下面初步介绍经典的 McCulloch-Pitts 模型。图 2.2 给出这种模型的示意结构。对于第 i 个神经元,接受多个其它神经元的输入信号 x_j , 各突触强度以实系数 w_{ij} 表示,这是第 j 个神经元对第 i 个神经元作用的加权值。利用某种运算把输入信号的作用结合起来,给出它们的总效果,称为“净输入”,以 Net_i 或 I_i 表示。净输入表达式有多种类型,其中,最简单的一种形式是线性加权求和,即 $Net_i = \sum w_{ij}x_j$ 。此作用引起神经元 i 的状态变化,而神经元 i 的输出 y_i 是其当前状态的函数。

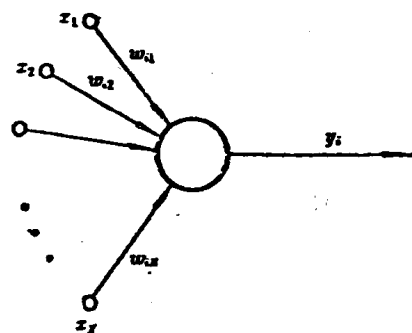


图 2.2 McCulloch-Pitts 模型示意结构

McCulloch-Pitts 模型的数学表达式为

$$y_i = \text{sgn}(\sum_j w_{ij}x_j - \theta_i) \quad (2.1)$$

式中, θ_i 为阈值, sgn 是符号函数,当净输入超过阈值时, y_i 取 +1 输出,反之为 -1 输出。如果考虑输出与输入的延时作用,表达式可修正为

$$y_i(t+1) = \text{sgn}[\sum_j w_{ij}x_j(t) - \theta_i] \quad (2.2)$$

利用大量神经元相互连接组成人工神经网络将显示出人脑的若干特征。下面将通过人工神经网络与人脑以及冯·诺依曼计算机的对比来说明人工神经网络的特点。

(1) 大规模并行处理

人脑神经元之间传递脉冲信号的速度远低于冯·诺依曼计算机的工作速度,前者为毫秒量级,后者的时钟频率通常可达 10^7 或更高的速率。但是,由于人脑是一个大规模并行与串行组合处理系统,因而,在许多问题上可以作出快速判断、决策和处理,其速度可以远高于串行结构的冯·诺依曼机。人工神经网络的基本结构模仿人脑,具有并行处理的特征,可以大大提高工作速度。

(2) 分布式存储

人脑存储信息的特点是利用突触效能的变化来调整存储内容,也即信息储存在神经元之间连接强度的分布上,存储区与运算区合为一体。虽然人脑每日有大量神经细胞死亡,但不影响大脑的功能,局部损伤可能引起功能衰退,但不会突然丧失功能。

冯·诺依曼机具有相互独立的存储器和运算器,知识存储与数据运算互不相关,只有通过人的编程给出指令使之沟通,这种沟通不能超越程序编制者的预想。元件的局部损伤或程序中的微小错误都可能引起严重的失常。

(3) 自适应(学习)过程

人类大脑有很强的自适应与自组织特性。后天的学习与训练可以开发许多各具特色的活动功能。如盲人的听觉和触觉非常灵敏,聋哑人善于运用手势,训练有素的运动员可以表现出非凡的运动技巧等等。

冯·诺依曼机强调程序编写,系统的功能取决于程序给出的知识和能力。显然,对于上述智能活动要通过总结编制程序将十分困难。

人工神经网络也具有初步的自适应与自组织能力。在学习或训练过程中改变突触权重 w_{ij} 值,以适应周围环境的要求。同一网络因学习方式及内容不同可具有不同的功能。人工神经网络是一个具有学习能力的系统,可以发展知识,以至超过设计者原有的知识水平。通常,它的学习(或训练)方式可分为两种,一种是有监督(supervised)或称有导师的学习,这时利用给定的样本标准进行分类或模仿;另一种是无监督(unsupervised)学习或称无导师学习,这时,只规定学习方式或某些规则,而具体的学习内容随系统所处环境(即输入信号情况)而异,系统可以自动发现环境特征和规律性,具有更近似于人脑的功能。

2.1.3 人工神经网络的发展简史及几种主要的神经网络

人工神经网络早期的研究工作可追溯到本世纪 40 年代,下面结合几种典型的神经网络简单介绍神经网络的发展历史的简单情况。

1、McCulloch 和 Pitts

1943 年,心理学家 W. McCulloch 和数理逻辑学家 W. Pitts 在分析、总结神经元基本特性的基础上首先提出神经元的数学模型。此模型沿用至今,并且直接影响着这一领域研究的进展。因而,他们两人可称为人工神经网络研究的先驱。

2、Von Neumann

1945 年,John. Von Neumann(冯·诺依曼)领导的设计小组试制成功存储程序式电子计算机,标志着电子计算机时代的开始。1948 年,他在研究工作中比较了人脑结构与存储程序式计算机的根本区别,提出了以简单神经元构成的自再生自动机网络结构。但是,由于指令存储式计算机技术的发展非常迅速,迫使他放弃了神经网络研究的新途径,继续投身于指令存储式计算机技术的研究,并在此领域作出了巨大贡献。今天,当人们以冯·诺依曼的名字为指令程序计算机命名时,不应忘记,冯·诺依曼也是人工神经网络研究的先驱之一。十分遗憾,他于 1957 年过早地去世,未能看到神经网络研究热潮的再次兴起。

3、感知器(Perceptron): 由 Frank Rosenblatt 于 1957 年提出,是一种前向式网络。它是可以训练的线性分类网络,它是神经网络的早期模型,由阈值神经元组成,试图模拟人脑的感知及学习能力,它的意义是提出了自组织,自学习的思想。但由于过于简单,目前已很少使用。